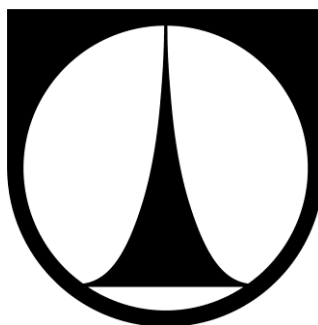


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Pohon vozidel 4x4

All wheel drive

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jakub Šmíd

Květen 2013

Bakalářská práce

KVM – BP – 273

Pohon vozidel 4x4

All wheel drive

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

vypracoval

Š m í d J a k u b

Katedra vozidel a motorů

Zaměření: Dopravní stroje a zařízení

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Robert Voženílek, Ph.D. - TU v Liberci, KVM

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Bukvic - TU v Liberci, KVM

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 43

Počet příloh: 4

Počet obrázků: 35

Počet výkresů: 6

Pohon vozidel 4x4

Anotace

Předložená bakalářská práce popisuje současný stav systémů pohonu všech kol osobních vozidel, dále je zaměřena na podrobný popis pohonu vozidel Škoda využívajících mezinápravovou spojku Haldex.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na řez spojkou Haldex s kuželovým převodem a výrobu stojanu pro tento model. Výsledky bakalářské práce budou použity při výuce studentů Katedry vozidel a motorů.

Klíčová slova: pohon, spojka, převod, kolo

All wheel drive

Annotation

The presented bachelor's thesis deals with description of current systems, that are responsible for all-wheel drive propulsion of small personal vehicles. Furthermore, this bachelor's thesis is focused on detailed analysis of propulsion by the Haldex transaxle clutch used in Škoda company automobiles.

Practical part of this bachelor's thesis is primarily focused on the cross-section of the Haldex transaxle clutch with conical gear and construction of a stand for this model. Results of this bachelor's thesis will be used in the educational process of students of the Vehicle and engines department.

Keywords: drive, clutch, gear, wheel

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci květen 2013

Jakub Šmíd

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří svou pomocí a podporou přispěli k vypracování této bakalářské práce, zvláště Ing. Robertovi Voženílkovi, Ph.D. a Josefovi Andělovi za pomoc a odborné rady. V neposlední řadě chci poděkovat svým rodičům za podporu během studia.

Obsah

1	Úvod	8
2	Rozdělení systémů pohonu všech kol	9
2.1	Rozdělení podle polohy hnacího agregátu	9
2.2	Rozdělení podle systému pohonu	9
3	Vozidla s motorem napříč	12
3.1	Vozidla se stálým pohonem všech kol	12
3.2	Stálý pohon přední nápravy, řaditelný pohon zadní nápravy	14
4	Vozidla s motorem podél	16
4.1	Vozidla se stálým pohonem všech kol	16
4.2	Stálý pohon zadní nápravy, řaditelný pohon přední nápravy	21
5	Spojka Haldex	23
5.1	Historie, vývoj a funkce spojky Haldex	23
5.2	Uspořádání pohonu všech kol s použitím spojky Haldex	33
5.3	Tok výkonu při použití spojky Haldex	34
6	Výukový model	35
6.1	Návrh a výroba výukového modelu	35
6.2	Návrh a výroba stojanu pro výukový model	36
7	Závěr	38
I	Seznam příloh	39
II	Seznam výkresové dokumentace	39
	Použitá literatura	40

1 Úvod

Na přelomu minulého století došlo k výraznému nárůstu produkce osobních a terénních automobilů s pohonem všech kol. Důvodem je co nejefektivnější přenos výkonů na vozovku, zejména při zhoršených adhezních podmínkách. V minulosti jsme se mohli setkat s pohonem všech kol především u pracovních a vojenských vozidel, později se začal používat u terénních a závodních vozidel, odkud se rozšířil do osobních vozidel. Snahou konstruktérů je systémy pohonu všech kol zjednodušit, a proto se stále častěji přechází na samočinně připojitelné pohony přední nebo zadní nápravy. Pro připojení pohonu druhé nápravy se používají elektronicky ovládané lamelové spojky. Hlavní výhodou připojitelných pohonů je úspora paliva, jelikož druhá náprava je poháněna pouze v případech, kdy je to nezbytně nutné. V opačném případě je spojka rozpojena a vozidlo pohání kola pouze jedné nápravy. Vozidla se stálým pohonem všech kol využívají mezinápravový diferenciál, který přerozděluje točivý moment mezi kola přední a zadní nápravy podle aktuální jízdní situace. Spotřeba paliva je u vozidel se stálým pohonem větší oproti připojitelným systémům, protože jsou za každé situace poháněna všechna kola. Obecně pohon všech kol přispívá k větší stabilitě a vozidlo se tak stává bezpečnější. Konstruktéři však musí řešit otázku stability při brzdění vozidla, kdy systém pohonu všech kol musí umožňovat rozdílné otáčky předních a zadních kol z důvodu rozdělení brzdících sil mezi nápravy. Brzdná síla na přední nápravě je větší než na zadní nápravě. Nevýhodami vozidel s pohonem všech kol jsou vyšší pořizovací náklady, vyšší hmotnost a vyšší spotřeba paliva o 5 až 10% oproti vozidlům s jednou hnanou nápravou.

2 Rozdělení systémů pohonu všech kol

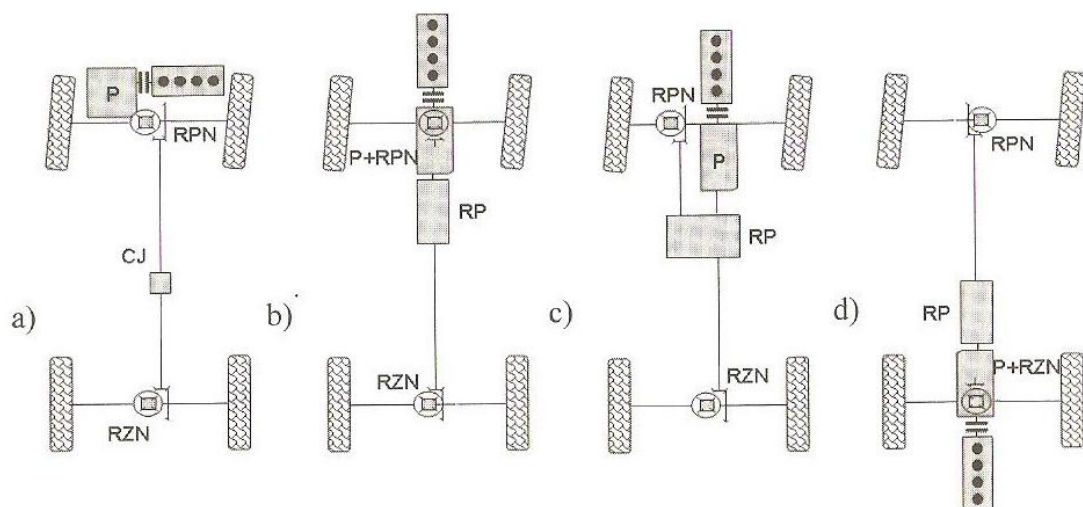
Pohonné systémy 4x4 u osobních a terénních vozidel lze rozdělit podle několika hledisek:

- 1) podle polohy hnacího agregátu
- 2) podle systému pohonu
- 3) podle velikosti přenášeného točivého momentu jednotlivými nápravami
- 4) podle strategie ovládání

2.1 Rozdělení podle polohy hnacího agregátu

Podle polohy hnacího agregátu:

- agregát uložený vpředu napříč
- agregát uložený podélně nad přední nápravou:
 - rozvodovka přední nápravy ve společné skříni s převodovkou
 - rozvodovka není součástí převodové skříně
- agregát uložený vzadu podélně, rozvodovka ve společné skříni s převodovkou



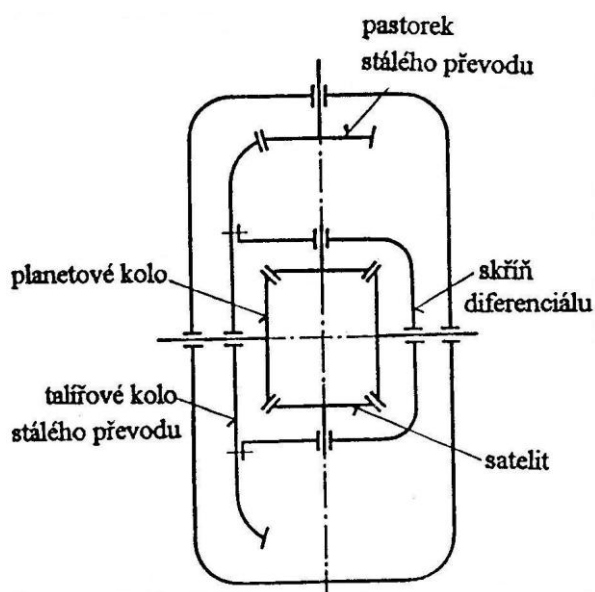
Obr.2.1: Schéma rozdělení pohonu podle polohy hnacího agregátu /1/

2.2 Rozdělení podle systému pohonu

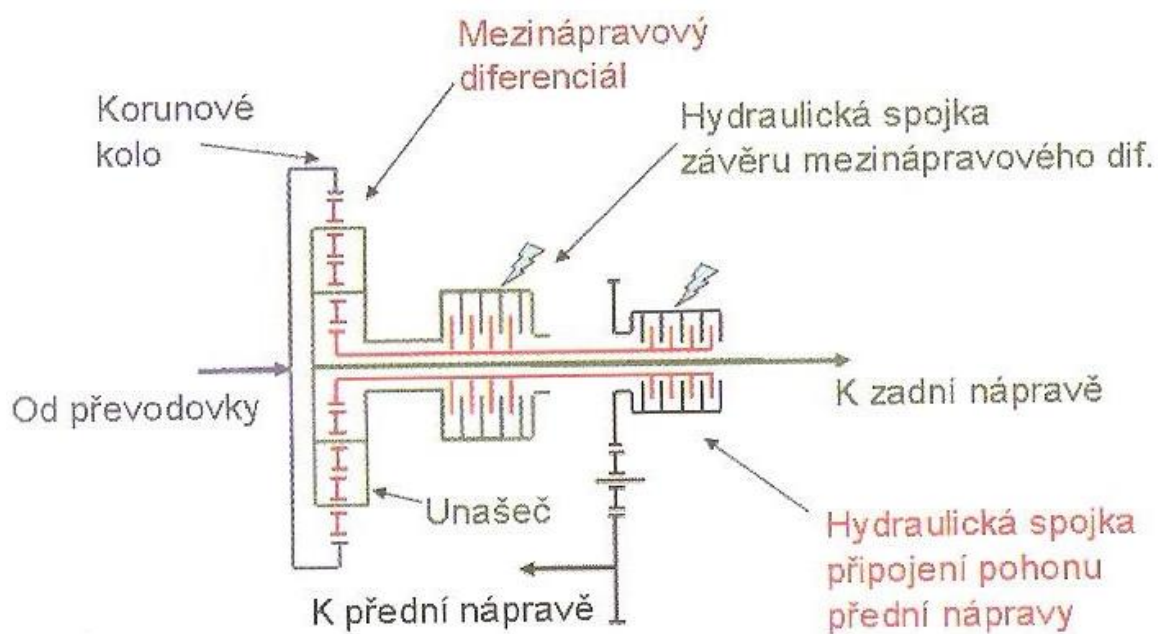
Podle systému pohonu:

- řaditelný
 - samočinně
 - řidičem
 - ručně ovládané volnoběžky předních kol
 - samočinné volnoběžky předních kol
- stálý

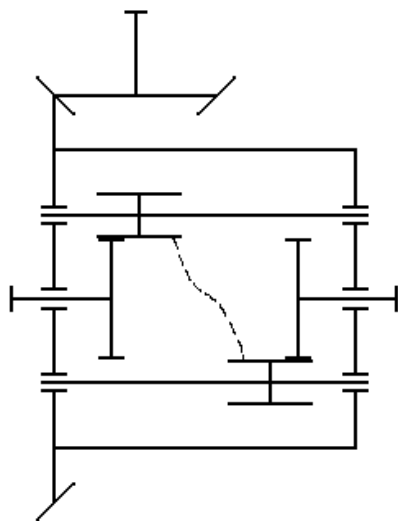
Při průjezdu vozidla zatáčkou se každé kolo otáčí jinou úhlovou rychlostí a proto i střední úhlové rychlosti přední a zadní nápravy nejsou shodné. Z tohoto důvodu není možné pevné spojení přední a zadní nápravy. Jako mezinápravový člen se používají diferenciály nebo spojky. V případě diferenciálu dochází k dělení točivého momentu v závislosti na přenášeném momentu, v případě spojky je točivý moment rozdělen v závislosti na rozdílu úhlových rychlostí. Pro konstrukci automobilů je nejvíce rozšířen kuželový diferenciál, který se převážně používá jako diferenciál nápravový, ale můžeme ho najít i jako diferenciál mezinápravový. Dalším typem diferenciálu, který se často používá pro případ mezinápravového diferenciálu je planetový diferenciál. Planetový diferenciál umožňuje na rozdíl od kuželového, nesymetrické dělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu, což je výhodnější z hlediska ovladatelnosti automobilu. Skládá se z centrálního kola, unášeče, satelitů a korunového kola. Vstupem může být centrální kolo, unášeč nebo korunové kolo. Výstupy pro přední a zadní nápravu pak tvoří zbývající dvojice. Volbou vstupu, výstupů a zpřevodováním je možné dosáhnout optimálního poměru pro rozdělení točivého momentu. Posledním typem diferenciálu, který se uplatňuje jako mezinápravový, je čelní diferenciál. Diferenciál je tvořen koly s čelním ozubením. Typickým představitelem využívající čelní diferenciály jsou nákladní vozy Tatra. V osobních automobilech jsou čelní diferenciály známy pod názvem Torsen.



Obr. 2.2: Schéma rozvodovky s kuželovým diferenciálem /2/



Obr.2.3: Schéma mezinápravového planetového diferenciálu Mercedes-Benz /1/



Obr.2.4: Schéma čelního symetrického diferenciálu

3 Vozidla s motorem napříč

Příčná zástavba agregátu vzhledem k podélné ose vozidla je nejpoužívanější u osobních automobilů nižší a střední třídy. Výhodou této zástavby je jednodušší konstrukce převodovky se stálým převodem s čelním ozubením, které má vyšší účinnost než kuželové soukolí a je snadnější na výrobu. Skříň převodovky je ve většině případů dvoudílná a hmotnost převodovky bývá nižší oproti převodovkám pro příčnou zástavbu.

3.1 Vozidla se stálým pohonem všech kol

U stálého pohonu všech kol musí být zajištěna podmínka rozdílných otáček všech kol, která nastává při průjezdu zatáčkou. Střední úhlové rychlosti přední a zadní nápravy nejsou shodné, a proto není možné jejich pevné spojení. Jako mezinápravový člen stálého pohonu se používá diferenciál, který je často nesymetrický, což umožňuje nesymetrické rozdělení točivého momentu mezi nápravy. V současnosti se stálý pohon všech kol s příčnou zástavbou agregátu používá u sportovních a závodních automobilů. Typickým představitelem je Mitsubishi Lancer Evolution desáté generace využívající systém S-AWC (Super All Wheel Control).

S-AWC

Srdcem systému S-AWC je aktivní mezinápravový diferenciál ACD (Active Centre Differential), který řídí tok točivého momentu mezi přední a zadní nápravu pomocí hydraulicky ovládané vícelamelové spojky. Mezinápravový planetový diferenciál a kuželový převod je uložen v samostatné skříni, která je přišroubována na výstup převodovky. Točivý moment od výstupu převodovky putuje mezinápravovým diferenciálem s kuželovým převodem přes kloubový hřídel k zadní rozvodovce s planetovým diferenciálem, který obsahuje lamelové spojky pro řízení svornosti. Zadní elektronicky ovládaný diferenciál je součástí systému Super AYC (Active Yaw Control) a na základě informací o podélném a příčném zrychlení vozidla a úhlu natočení volantu rozděluje točivý moment mezi kola zadní nápravy.



Obr.3.1: Řez mezinápravovým planetovým diferenciálem s lamelovou spojkou/3/



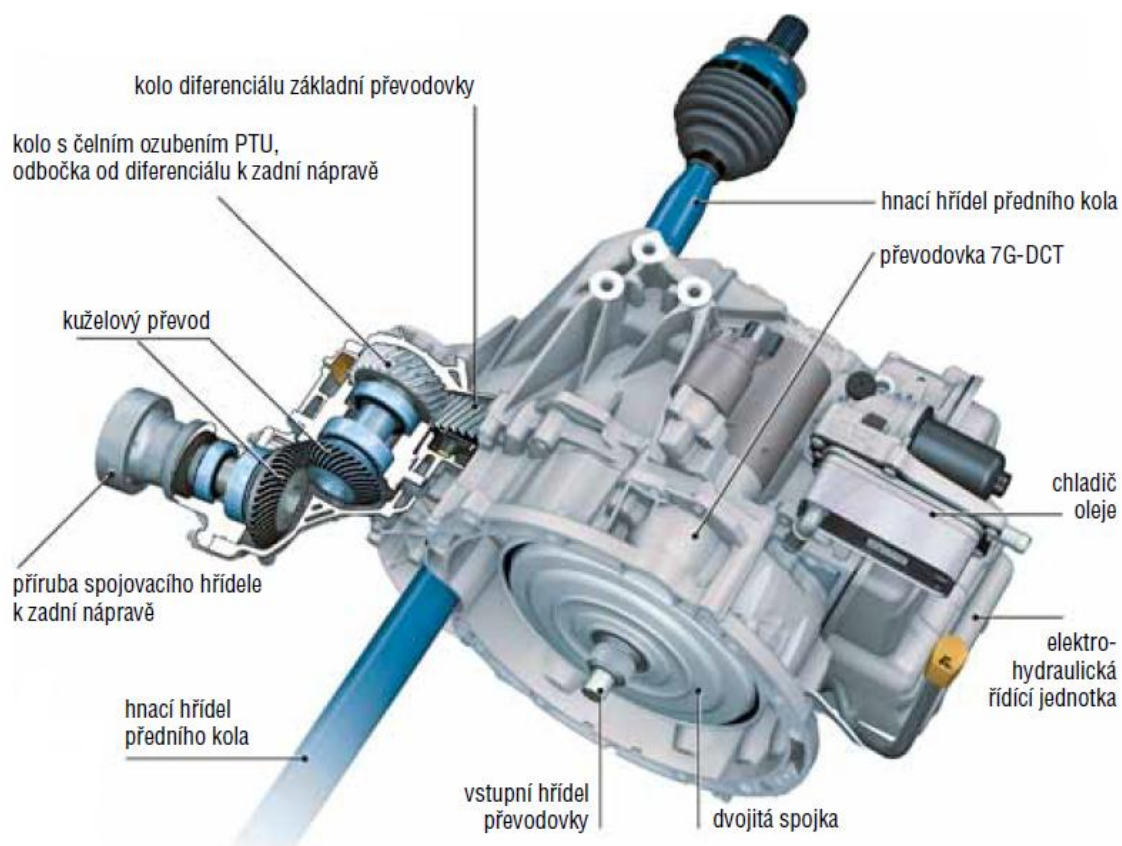
Obr.3.2: Řez zadním planetovým diferenciálem s lamelovými spojkami /4/

3.2 Stálý pohon přední nápravy, řaditelný pohon zadní nápravy

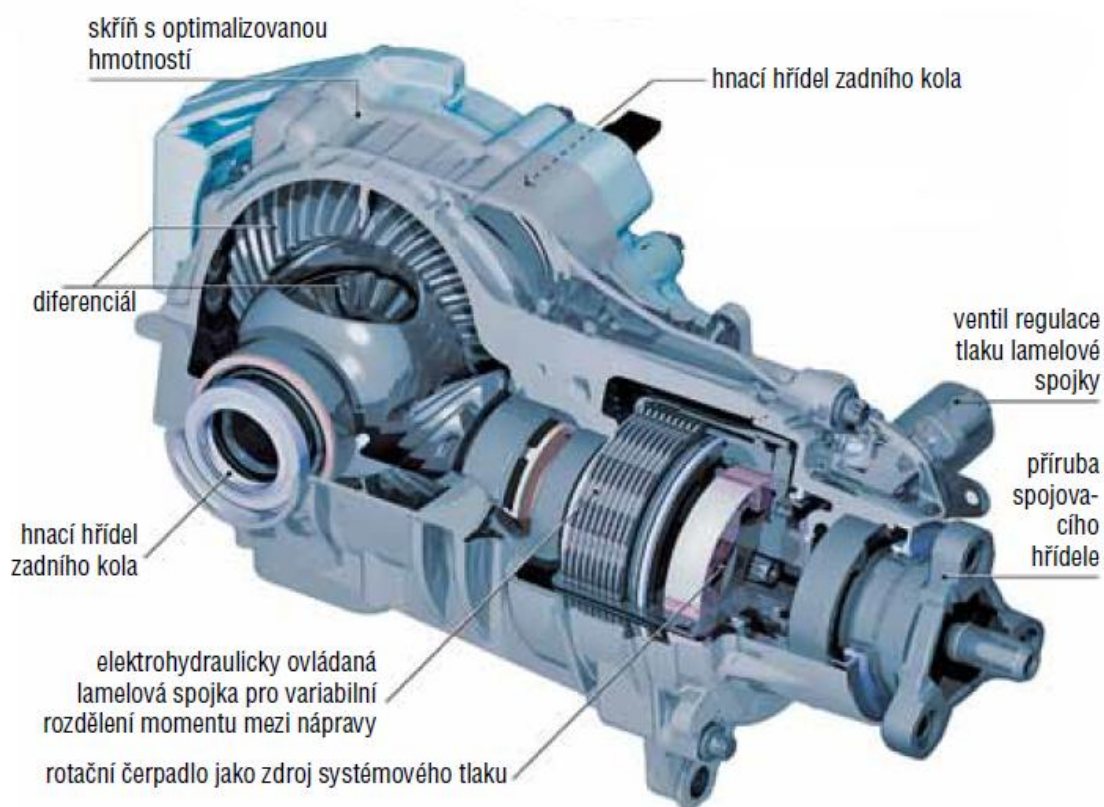
V současné době se používají pro řaditelný pohon zadní nápravy mezinápravové spojky, které jsou ovládány samočinně. Při prokluzu kol přední nápravy dojde automaticky k sepnutí spojky. Točivý moment mezi přední a zadní nápravu se zpravidla mění v rozmezí 100:0% až 50:50% podle okamžitých jízdních podmínek. Světovým výrobcem mezinápravových spojek je bezesporu společnost Haldex. Systém pohonu všech kol s mezinápravovou spojkou Haldex je podrobně popsán v kapitole č.5.

Mercedes-Benz 4Matic

Zcela horkou novinkou automobilů Mercedes-Benz je systém 4Matic pro příčnou zástavbu agregátu. Doposud byl 4Matic používán pouze u modelů s podélně uloženým agregátem. Zásadní změnou je nahrazení mezinápravového planetového diferenciálu lamelovou spojkou, která je uložena ve společné skříni s rozvodovkou zadní nápravy. Nový systém pohonu všech kol je připojen k sedmistupňové automatizované převodovce přes kuželový převod, který je uložen ve skříni převodovky a je poháněn od stálého převodu. Od kuželového převodu je točivý moment přiveden kloubovým hřídelem k lamelové spojce, přes kterou v případě sepnutí postupuje ke kuželovému převodu s diferenciálem, kde se rozdělí na kola zadní nápravy. Vícelamelová spojka je ovládána elektrohydraulicky, zdrojem tlaku je rotační čerpadlo. Tlak oleje je regulován elektricky ovládaným ventilem.



Obr.3.3: Sedmistupňová převodovka s detailním řezem kuželového převodu pro pohon zadní nápravy /5/



Obr.3.4: Rozvodovka zadní nápravy s lamelovou spoj. nového systému 4Matic /5/

4 Vozidla s motorem podél

Podélná zástavba hnacího agregátu je u vozidel s pohonem všech kol výhodnější z hlediska prostoru. U osobních automobilů s podélně uloženým agregátem bývá převodovka dvouhřídelová.

4.1 Vozidla se stálým pohonem všech kol

V případě stálého pohonu všech kol se nejčastěji používají mezinápravové diferenciály typu Torsen nebo planetové diferenciály.

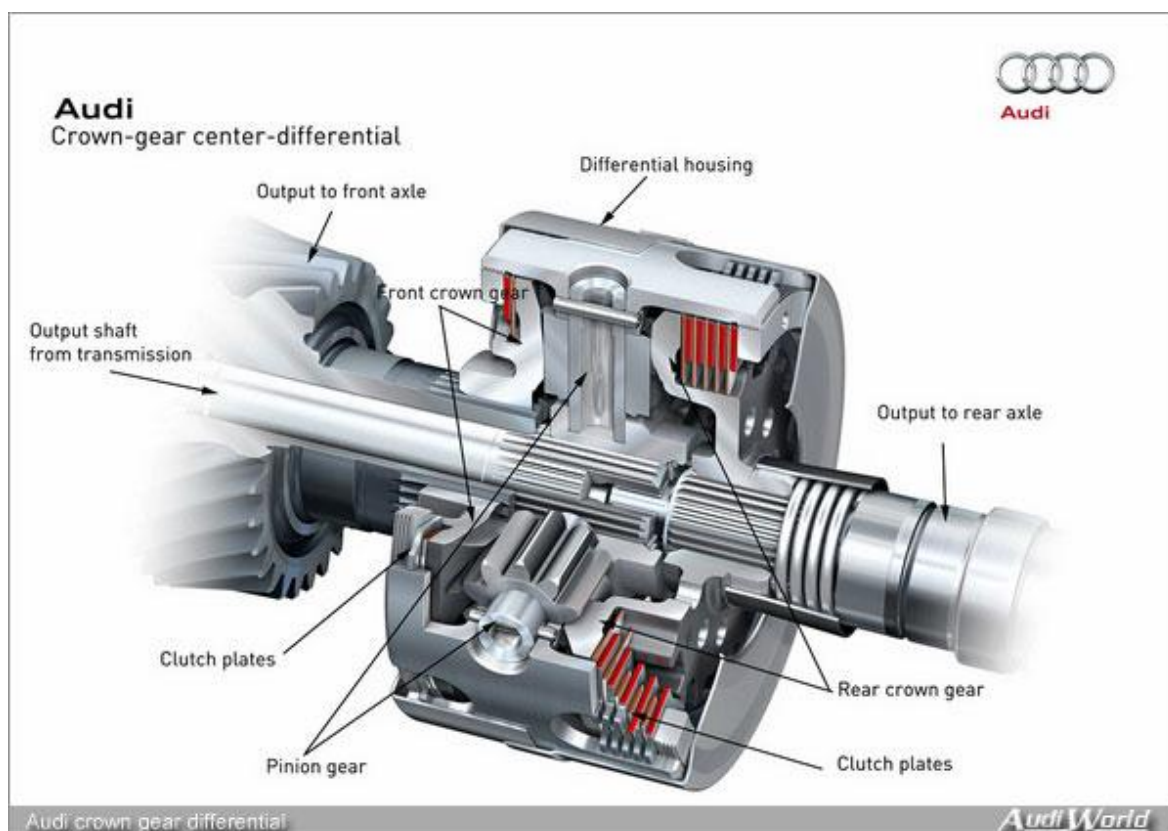
Audi Quattro

Poprvé byl systém quattro představen v roce 1980 u modelu Audi Quattro. První generace používala mezinápravový kuželový diferenciál s mechanickým uzávěrem. Od roku 1987 je použit mezinápravový diferenciál typu Torsen, který rozděluje točivý moment mezi přední a zadní nápravu podle okamžitých jízdních podmínek. V extrémních podmínkách může být přivedeno 66-80% výkonu na přední nebo zadní nápravu, podle použitého modelu, motoru a převodovky. Základní rozdělení točivého momentu je v poměru 50:50%, ale u některých, především sportovních, modelů je poměr upraven na 40:60% ve prospěch zadní nápravy. Mezinápravový diferenciál Torsen je uložen ve společné skříni s převodovkou a stálým převodem přední nápravy. Točivý moment je od hnané hřídele převodovky přiveden na klec mezinápravového diferenciálu. Výstupy pro pohon přední a zadní nápravy jsou šneková planetová kola. U třetí generace pohonu quattro byl diferenciál Torsen použit i na zadní nápravě. Čtvrtá generace systému quattro se objevila v roce 1994 a zadní svorný diferenciál byl nahrazen elektronickou uzávěrkou. V roce 2005 byla představena pátá generace systému quattro, u které je použit mezinápravový diferenciál Torsen typu C a pro přední a zadní diferenciál se využívá elektronická uzávěrka (EDS).



Obr.4.1: Mezinápravový diferenciál Torsen typ C /6/

V roce 2010 byl nahrazen mezinápravový diferenciál Torsen, novým typem diferenciálu. Typickým znakem nového mezinápravového diferenciálu jsou dvě korunová ozubená kola. Točivý moment od výstupu převodovky je přiveden středem na klec diferenciálu. Na kleci diferenciálu jsou po obvodu umístěné čtyři satelity, které zabírají s korunovými koly tvořící výstupy k pohonu přední a zadní nápravy. Korunová kola jsou opatřena drážkováním, na kterém jsou nasunuty vnitřní lamely. Vnější lamely jsou pomocí drážkování spojeny s klecí diferenciálu. Lamely jsou přitlačovány vlivem radiálních sil v záběru ozubených kol. Zvláštností diferenciálu jsou rozdílné pracovní průměry korunových kol při zachování převodového poměru. Korunové kolo spojené se zadní nápravou má větší pracovní průměr než korunové kolo pro pohon přední nápravy. Díky tomu je točivý moment pro přední a zadní nápravu rozdělen v poměru 40:60%. Při ustálené jízdě v přímém směru se korunová kola otáčejí stejnými úhlovými rychlostmi jako klec diferenciálu. Dojde-li k prokluzu kol jedné z náprav, jsou uvnitř diferenciálu vyvozeny síly, které působí na lamely a k prokluzující nápravě začne putovat větší část točivého momentu. V případě nízké adheze předních kol je 85% točivého momentu přiděleno kolům zadní nápravy. Při poklesu adheze zadní kol je k přední nápravě přeneseno 70% točivého momentu. Nový systém pracuje s maximální účinností a okamžitou odezvou. Oproti předchozí konstrukci s diferenciálem Torsen 3 se snížila hmotnost přibližně o 2kg.

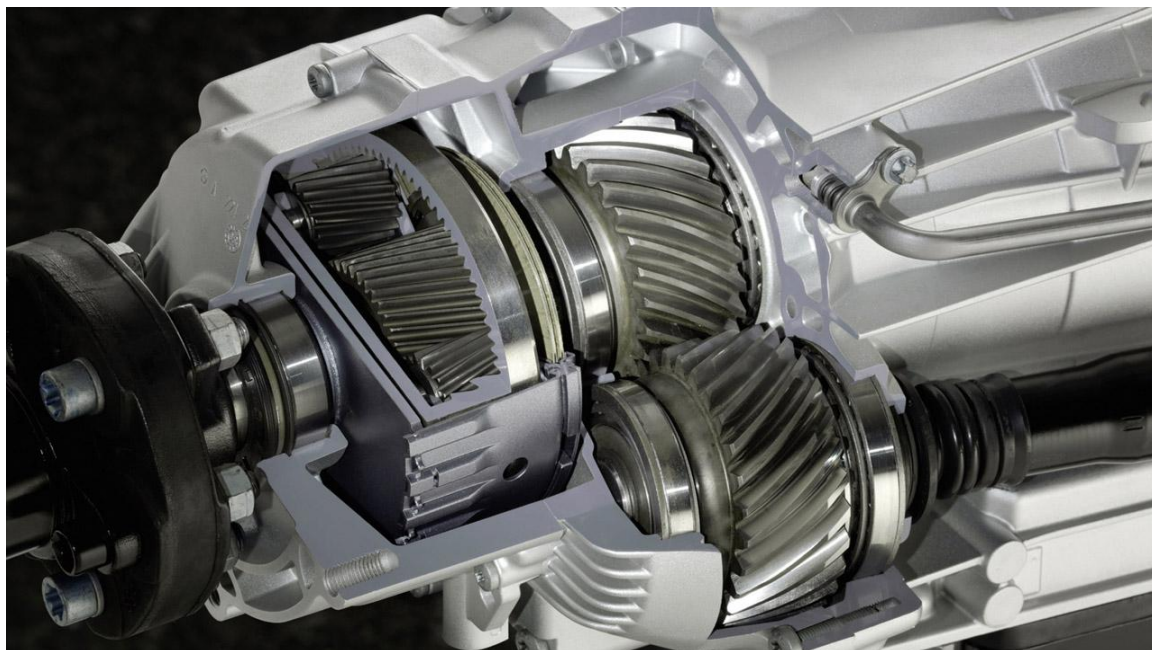


Obr.4.2: Řez novým typem mezinápravového diferenciálu /7/

Mercedes-Benz 4Matic

Počátek systému 4Matic u vozů Mercedes-Benz sahá do roku 1987. První generace používala samočinnou elektronicky řízenou lamelovou spojku, pohon předních kol byl tudíž připojitelný, nejednalo se o stálý pohon všech kol. V roce 1997 byla představena druhá generace 4Maticu s trvalým pohonem všech kol. Rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu bylo v poměru 35:65% a v roce 2002 se tento poměr změnil na 40:60%. Srdcem pohonu je mezinápravový planetový diferenciál. Výkon od výstupu převodovky je přiveden na korunové kolo, centrální kolo je spojeno s hřídelem zadních kol a unášec pohání přes ozubené soukolí hřídel pro pohon předních kol. Aby výstupní hřídele měli stejný smysl otáčení, obsahuje diferenciál dvě řady satelitů. Rozdělovací převodovka je uložena v samostatné skříni a je přišroubována na výstup samočinné převodovky. V roce 2006 přišla třetí generace systému 4Matic, která je

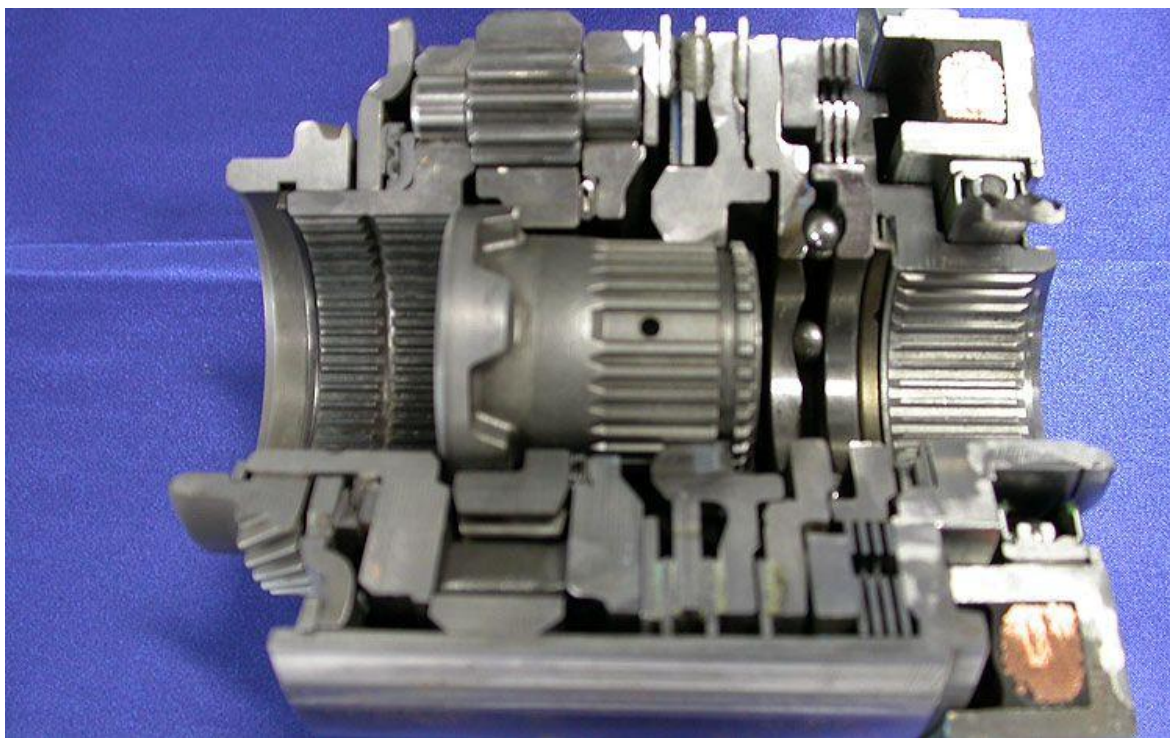
u vozů Mercedes-Benz používána i v současnosti. Zásadní změnou je umístění rozdělovací převodovky do skříňe sedmistupňové samočinné převodovky, se kterou má společnou olejovou náplň. Výsledkem této koncepce je nižší hmotnost a zvýšením účinnosti převodů byla snížena spotřeba paliva. Srdcem pohonu zůstal stejně jako u předchozí generace planetový mezinápravový diferenciál s upraveným poměrem rozdělení točivého momentu na 45/55%.



Obr.4.3: Řez rozdělovací převodovkou systému 4Matic /8/

Subaru DCCD

V roce 2006 se objevila u vozidel Subaru Impreza WRX STI druhá generace systému DCCD. Zkratka DCCD pochází z anglického Driver Controlled Center Differential, což v překladu znamená řidičem ovládaný mezinápravový diferenciál. Řidič má kromě automatického režimu možnost manuálního nastavení rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu. O aktuálním rozdělení točivého momentu je řidič informován na displeji před sebou. Základem systému DCCD je jednoduchý mezinápravový planetový diferenciál. Točivý moment od výstupu převodovky je přiveden dutým hřídelem na unášec planetového diferenciálu. Přes satelity se moment rozdělí na planetové a korunové kolo. Planetové kolo pohání diferenciál přední nápravy, korunové kolo pak odvádí točivý moment ke svornému diferenciálu zadní nápravy. Základní poměr rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu je 41:59%. Mezinápravový diferenciál pracuje s mechanickým a elektromagnetickým závěrným systémem, které umožní 100% závěr diferenciálu a tím se dosáhne rovnoměrného rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu. Mechanický závěrný systém se skládá z ovládací vačky, hlavní vícelamelové spojky a náboje hlavní vícelamelové spojky. Náboj je pomocí drážkování spojen s korunovým kolem a tudíž má stejné otáčky. Planetové kolo je po obvodu opatřeno výstupky, které zapadají do zahloubení náboje spojky. Vlivem rozdílných otáček přední a zadní nápravy působí výstupky planetového kola na zahloubení náboje a tím je vyvozena axiální síla, která stlačuje hlavní vícelamelovou spojku. Elektromagnetický závěrný systém se skládá z cívky, ovládací lamelové spojky s elektromagnetickým tlačným kotoučem a mezispojky s kuličkovým vačkovým mechanismem. Jestliže není do cívky přiveden proud, jsou obě spojky rozpojeny. Pokud do cívky proud přivedeme, vznikne magnetické pole, které začne přitahovat elektromagnetický kotouč ovládací spojky. Svorný účinek je přímo úměrný přivedenému proudu do cívky. Dojde-li během aktivované elektromagnetické spojky k rozdílným otáčkám přední a zadní nápravy, zareaguje mechanický systém mezispojky, který se skládá z šesti kuliček, kotouče mezispojky a náboje ovládací spojky. Kuličky jsou umístěny ve vačkových drážkách kotouče mezispojky a náboje ovládací lamelové spojky. Vzájemným pootočením kotouče a náboje se vyvodí axiální síla, která působí přes mezispojku na hlavní lamelovou spojku.



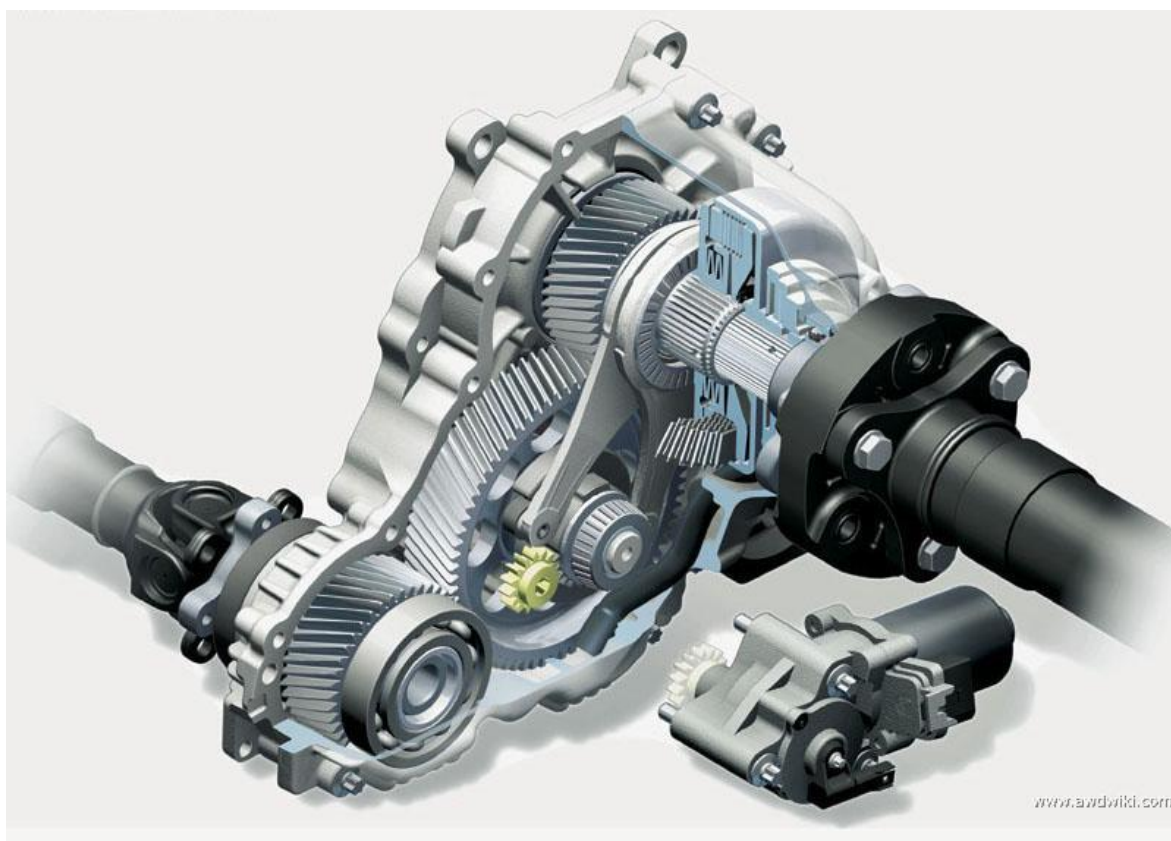
Obr.4.4: Řez mezinápravovým diferenciálem DCCD /9/

4.2 Stálý pohon zadní nápravy, řaditelný pohon přední nápravy

BMW xDrive

První generace systému xDrive byla představena v roce 2003 a během vývoje byla zvýšena účinnost snížením třecích ztrát o 30%, čímž se snížila spotřeba paliva až o 5%. Princip funkce přitom zůstal zachován. Jedná se o aktivní inteligentní systém, který podle potřeby připojuje pohon předních kol. Rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu je řízeno v rozmezí 0:100% až 50:50%, přičemž výchozí poměr rozdělení točivého momentu je 40:60%. Srdcem pohonu je rozdělovací převodovka, která je umístěna na výstupu manuální nebo samočinné převodovky. Vstupní hřídel rozdělovací převodovky je pevně spojen s výstupním hřídelem pro pohon zadních kol, a proto je zadní náprava neustále hnaná. Výstupní hřídel pro pohon předních kol je poháněn přes vícelamelovou spojku pomocí řetězu v případě terénních modelů nebo pomocí čelního soukolí se šikmým ozubením u silničních modelů. Vícelamelová spojka je ovládána elektromechanicky. Elektromotor se šnekovým převodem je spojen s vačkovým

kotoučem, který působí na nůžkový pákový mechanismus s kuličkami. Elektromechanický systém mění rotační pohyb elektromotoru na axiální pohyb ovládající vícelamelovou spojku a současně sílu elektromotoru znásobí. Elektromotor řídí elektronická řídicí jednotka, která je propojena se stabilizačním systémem DSC (Dynamic Stability Control), čímž je korigována přetáčivost nebo nedotáčivost vozu. Při rychlostech vyšších než 130km/h je pohon předních kol odpojen kvůli vysokému namáhání ozubených kol rozdělovací převodovky a snížení spotřeby paliva. Celý systém pracuje velmi rychle a připojení přední nápravy trvá přibližně 100ms, což je až pětikrát rychleji oproti ostatním řaditelným systémům.



Obr.4.5: Řez rozdělovací převodovkou s nůžkovým mechanismem systému xDrive
/10/

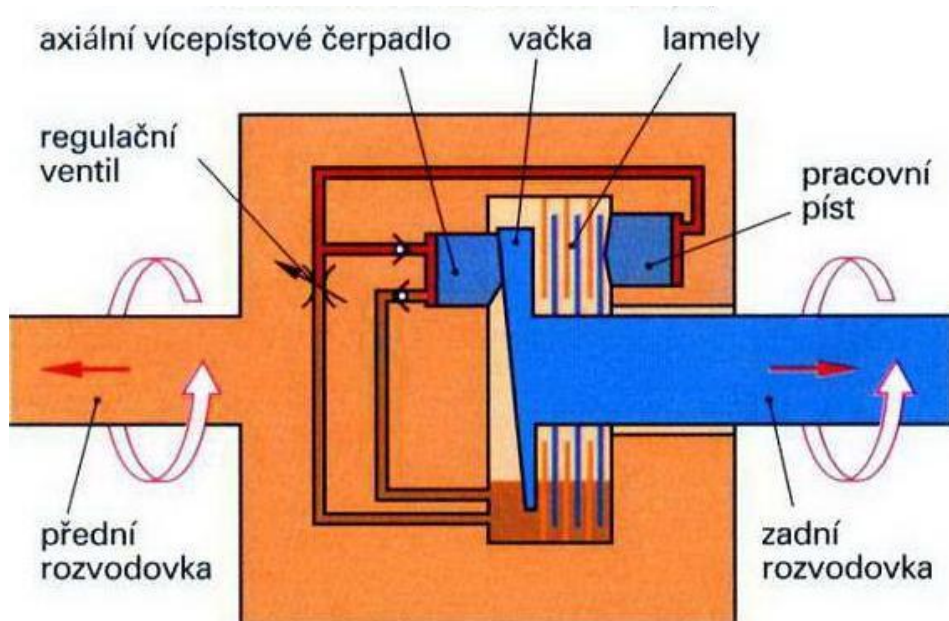
5 Spojka Haldex

5.1 Historie, vývoj a funkce spojky Haldex

Společnost Haldex se sídlem ve Stockholmu se od svého vzniku specializuje na vývoj a výrobu systému pohonu všech kol. První generace systému pohonu všech kol byla představena v roce 1998 a v současné době se vyrábí již pátá generace. Během vývoje se základní funkce systému nezměnili, snahou je systém zjednodušit a zrychlit, především díky dokonalejší elektronice.

Haldex 1. generace

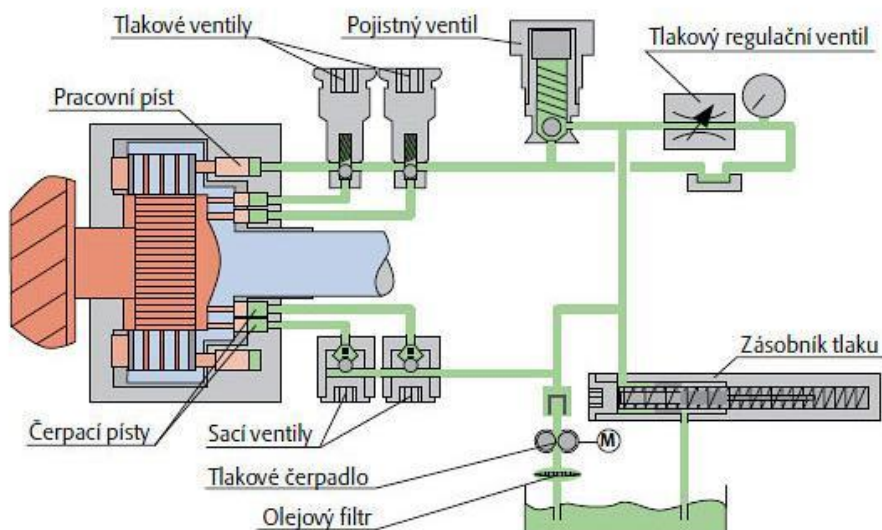
Haldex spojka první generace přišla na trh v roce 1998 a prvním automobilem, do kterého se montovala bylo Audi TT. Skládá se ze tří hlavních částí: hydraulického čerpadla, lamelové spojky a ovládacího ventilu s řídicí jednotkou. Hydraulické čerpadlo tvoří vačkový kotouč, který přes válečky působí na dva soustředně uložené axiální písty. Pokud se vstupní a výstupní hřídele otáčejí stejnými úhlovými rychlostmi, je spojka rozpojená a nedochází k žádnému přenosu točivého momentu na zadní nápravu. Nastanou-li rozdílné otáčky mezi vstupním a výstupním hřídelem, začnou se válečky odvalovat po vačkovém kotouči výstupního hřídele a působit na axiální písty hydraulického čerpadla, které načerpají olej k pracovnímu pístu. Pracovní píst působí přes válečky na lamely spojky a vlivem zvýšeného tření mezi lamelami dojde k přenosu točivého momentu na výstupní hřídel spojky. Pro dosažení co nejrychlejší odezvy systému je součástí Haldex spojky elektrické čerpadlo, které zajišťuje stálý tlak přitlačující válečky k pístům a spojka je sepnuta již po protočení přední kol o 15°. Elektrické čerpadlo je spojeno s řídicí jednotkou a je spuštěno společně se spalovacím motorem automobilu. Další součástí je tlakový regulační ventil, který reguluje tlak působící na pracovní píst a může tak ovlivnit velikost přenášeného točivého momentu. Tlakový ventil je ovládán krokovým motorem, který je řízen elektronickou řídicí jednotkou. Řídicí jednotka je napojena na síť CAN-BUS a pracuje s dalšími elektronickými systémy v automobilu jako jsou např. ABS a ESP.



Obr.5.1: Schéma konstrukce Haldex spojky 1. generace /11/

Haldex 2. generace

V roce 2002 přišla na trh Haldex spojka druhé generace, u které se zachovalo stejné konstrukční řešení jako u předchůdce. Zlepšení se týkalo rychlejší reakce systému na prokluz kol přední nápravy. Časový interval pro připojení zadní nápravy se snížil na polovinu, díky změně ovládání tlakového ventilu, kde byl krokový motor nahrazen solenoidem. K rychlejší reakci přispěla i montáž snímače tlaku oleje, který slouží jako zpětná vazba systému. Stejně jako první generace, je i tento systém označován jako reaktivní, což znamená, že nedovede předvídat situaci a reaguje pouze na rozdílné otáčky vstupního a výstupního hřídele spojky resp. rozdílné otáčky předních a zadních kol. Díky elektronice a řídicímu ventilu se spojka rozpojí v případech, kdy je její funkce nežádoucí. Typickým případem je brzdění, kdy by spojka zasahovala do funkce systému ABS nebo zatažení ruční brzdy.



Obr.5.2: Schéma spojky Haldex 2.generace /12/

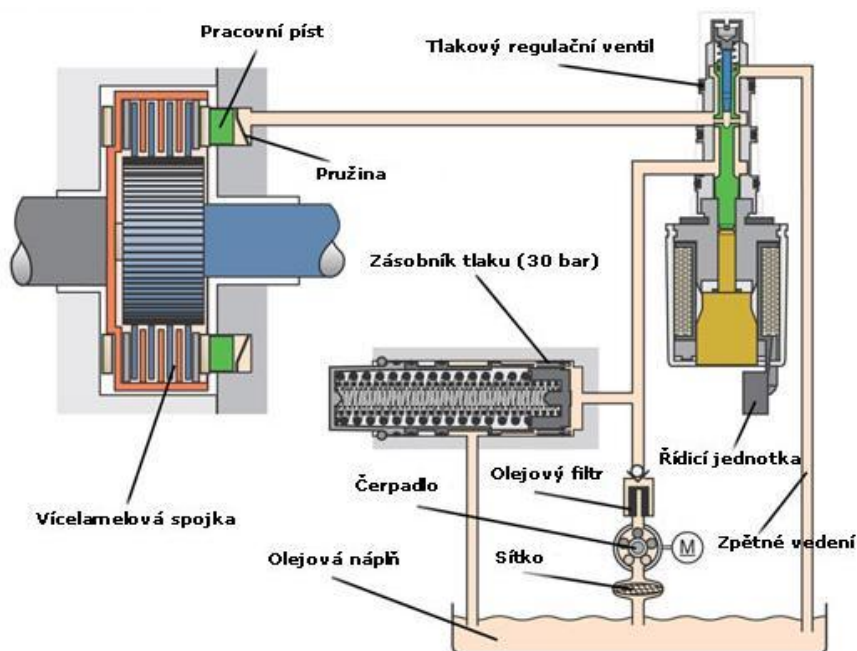
Haldex 3. generace

Třetí generace byla představena v roce 2004 a patří mezi tzv. proaktivní systémy neboli systémy, které umí předvídat situaci a zadní náprava je připojena dříve, než dojde k prokluzu předních kol. Systém byl vyvinut ve spolupráci s Land Roverem pro použití v druhé generaci modelu Freelander. Další automobilkou, která použila tento systém byla automobilka Volvo ve svých modelech až do roku 2008. V automobilech značky Škoda nebyl tento systém použit.

Haldex 4. generace

U čtvrté generace spojky Haldex, která byla představena v roce 2008, se setkáváme s odlišným konstrukčním řešením než u předcházejících generací. Zásadní změnou je absence váčkového kotouče a axiálních prstencových pístů, které plnily funkci čerpadla. Systém se zjednodušil a současně umožňuje daleko vyšší řízení pohonu všech kol. Skládá se z vícelamelové spojky, pracovního pístu s talířovou pružinou, elektrického čerpadla, olejového filtru, tlakového zásobníku, elektromagnetického regulačního ventilu a elektronické řídicí jednotky. Elektrické čerpadlo se aktivuje jakmile motor dosáhne 400 otáček za minutu a dodává olej přes olejový filtr do tlakového zásobníku, dokud není v okruhu dosažen tlak 3MPa. Při otevření řídicího ventilu se olej ihned přepustí k pracovnímu pístu vícelamelové

spojky. Velikost tlaku, který působí na pracovní píst, reguluje elektromagnetický ventil. Otevírání řídicího ventilu zajišťuje elektronická řídicí jednotka na základě signálů dodanými řídicí jednotkou motoru (otáčky motoru a poloha plynového pedálu), řídicí jednotky ABS (otáčky kol a snímač brzdových světel), snímačem natočení volantu a snímači příčného a podélného zrychlení automobilu. Prokluz kol přední nápravy vůči zadní již není nezbytnou podmínkou pro sepnutí spojky.



Obr.5.3 Schéma Haldex spojky 4. generace /12/

XWD (Cross Wheel Drive)

V roce 2007 byla představena platforma vozidel s označením XWD, které je charakterizováno příčně uloženým agregátem vpředu s vývodem pro pohon zadní nápravy.

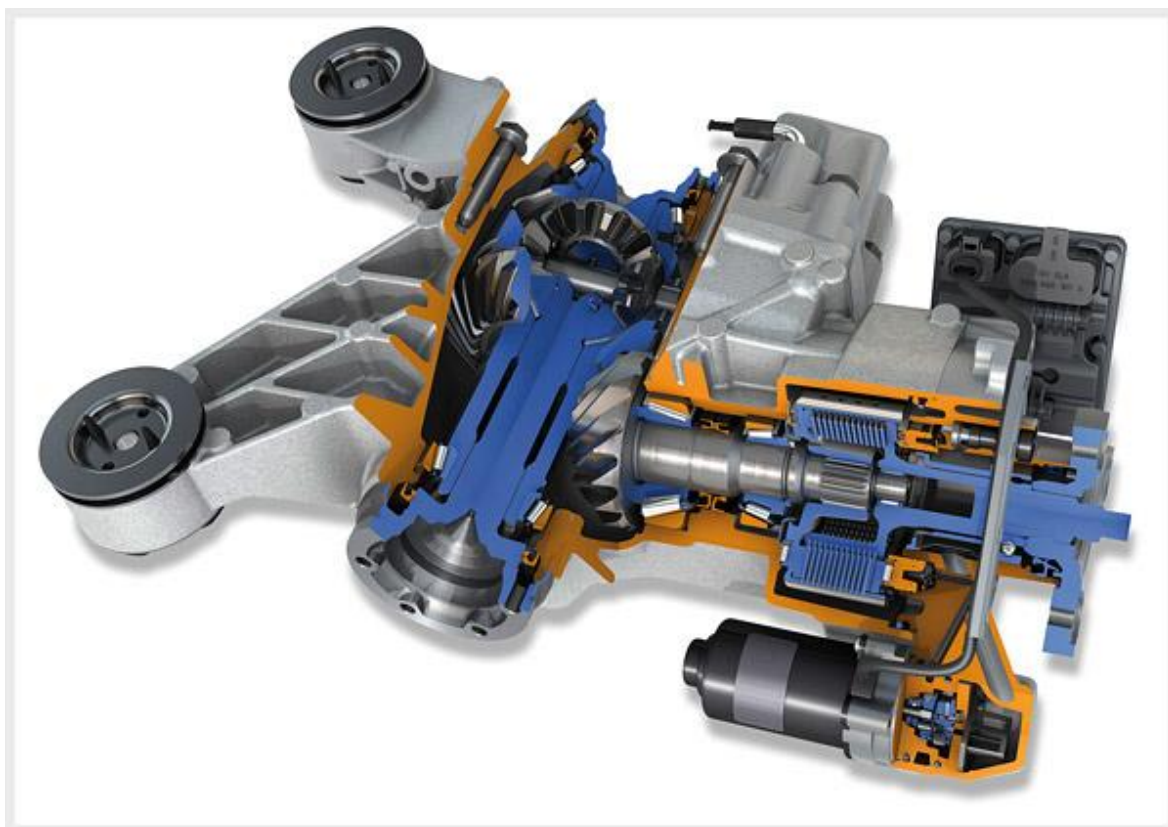
Točivý moment je z převodovky přenášen přes kuželové soukolí, podélně uložený kloubový hřídel, mezinápravovou spojku Haldex 4. generace uloženou před zadní nápravou a kuželový diferenciál s elektronicky řízenou svorností (eLSD). Prvním automobilem využívající systém XWD byl Saab 9-3.



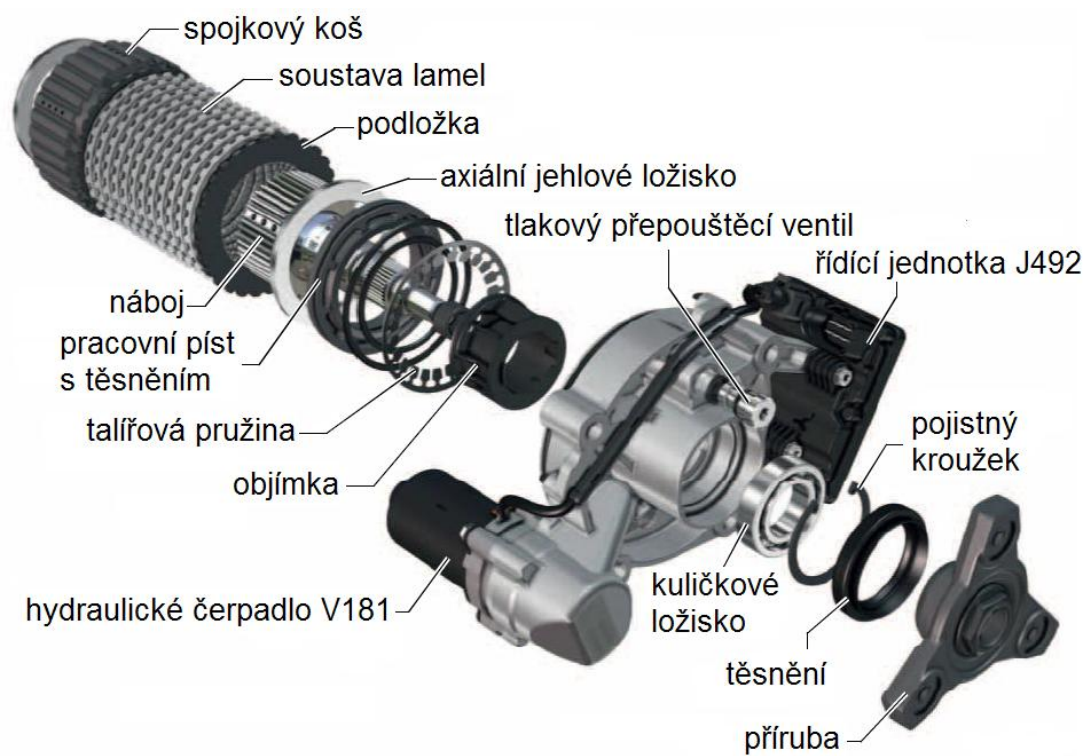
Obr.5.4: Řez spojkou Haldex 4. generace s elektronicky řízenou svorností diferenciálu /13/

Haldex 5.generace

V lednu 2013 byla představena prozatím poslední generace mezinápravové spojky Haldex. V porovnání s Haldex spojkou 4. generace se systém zjednodušil a snížila se hmotnost o 1.4kg díky absenci tlakového zásobníku a použitím klasického kuželového diferenciálu bez elektronicky řízené svornosti. Točivý moment přenášený na zadní nápravu je určen tlakem oleje od elektrického olejového čerpadla, které pracuje velmi rychle a dosahuje se okamžitých reakcí bez nutnosti použití tlakového zásobníku. Výhody elektronicky řízeného diferenciálu plně nahrazují systémy EDS (Elektronische-Differenzial-Sperre), přibrzdování prokluzujících kol při jízdě v přímém směru a systém XDS, kdy při průjezdu zatáčkou dochází k aktivnímu přibrzdování vnitřních kol. Prvním automobilem, kde byla použita Haldex spojka 5.generace, je Volkswagen Golf 4Motion sedmé generace.



Obr.5.5: Řez spojkou Haldex 5.generace /14/



Obr.5.6: Sestava spojky Haldex 5.generace /15/

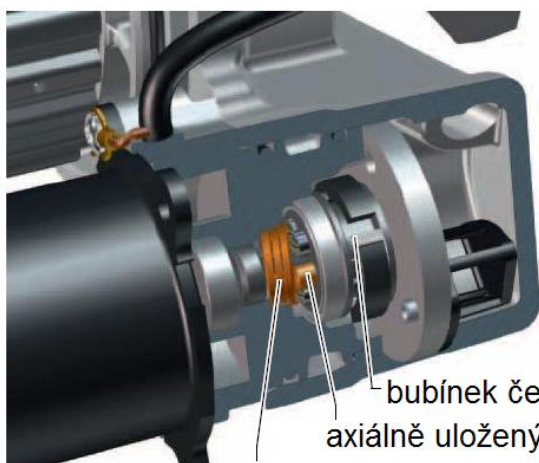
Hydraulické čerpadlo V181

Srdcem spojky Haldex 5.generace je hydraulické čerpadlo V181, které ovládá řídicí jednotka J492. Hydraulické čerpadlo spojky se skládá z axiálního pístového čerpadla a integrovaného odstředivého regulátoru. Tlakem oleje je přímo určena velikost přenášeného točivého momentu na zadní nápravu.

Axiální pístové čerpadlo

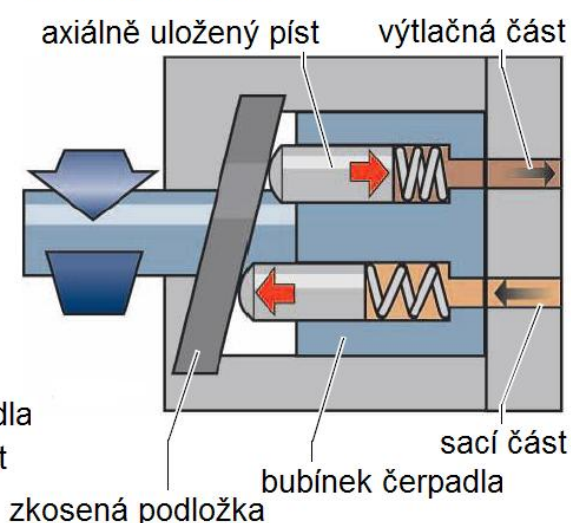
Hřídel elektromotoru pohání bubínek čerpadla, ve kterém je uloženo šest pístů. Rotačním pohybem bubínku se písty pohybují po zkosené podložce a vykonávají axiální pohyb. Vratný pohyb pístů zajišťují šroubovitě vinuté pružiny. Olej z výtlačné části čerpadla proudí k odstředivému regulátoru.

Umístění



zkosená podložka

Princip funkce

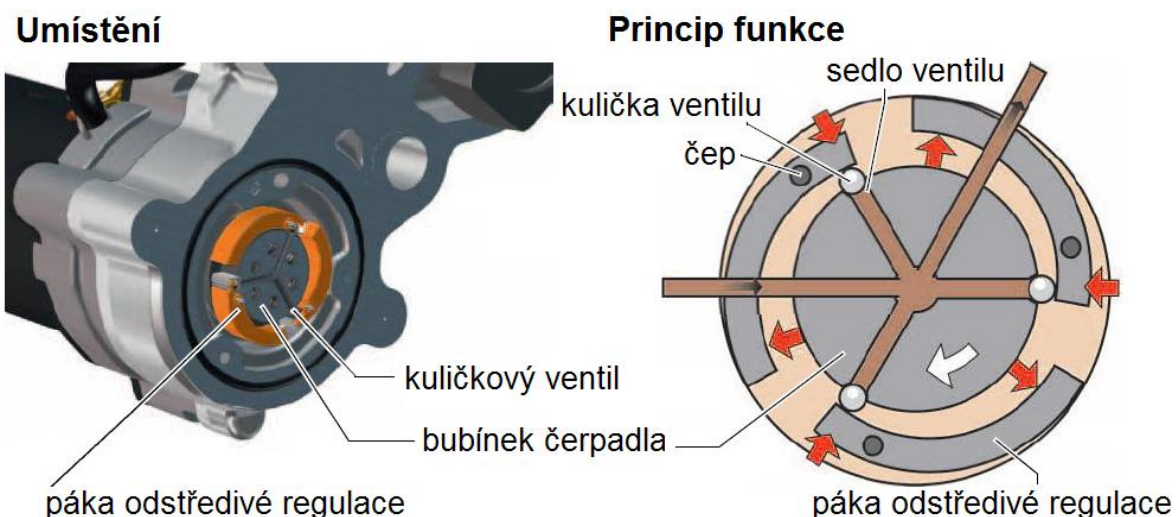


zkosená podložka

Obr.5.7: Princip funkce axiálního pístového čerpadla /15/

Odstředivý regulátor

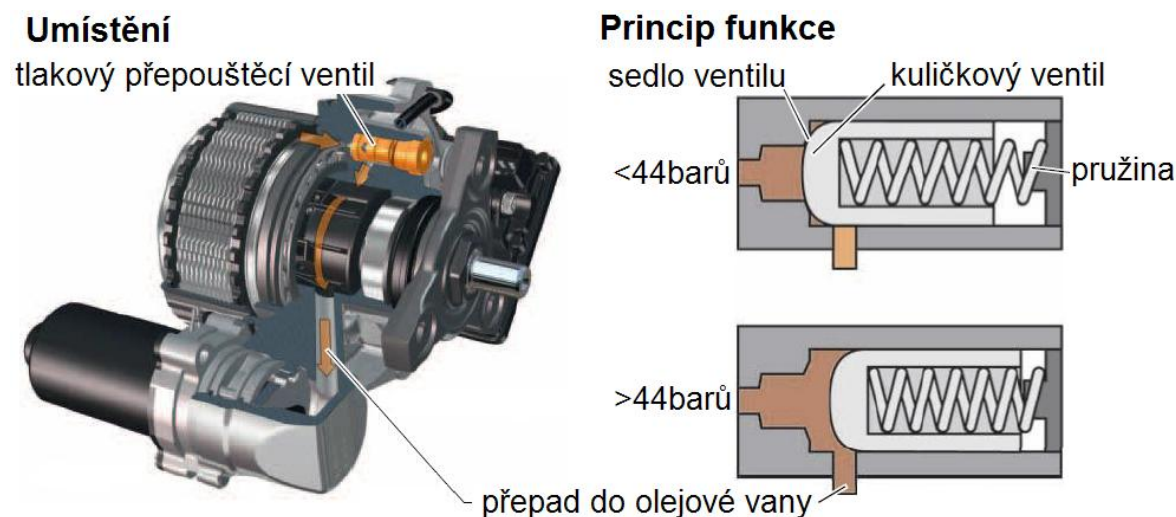
Odstředivý regulátor se skládá ze tří pák a tří kuličkových ventilů. Tlakový olej je do regulátoru přiveden středem. Vlivem odstředivé síly působí páky na kuličkové ventily.



Obr.5.8: Princip funkce odstředivého regulátoru /15/

Tlakový přepouštěcí ventil

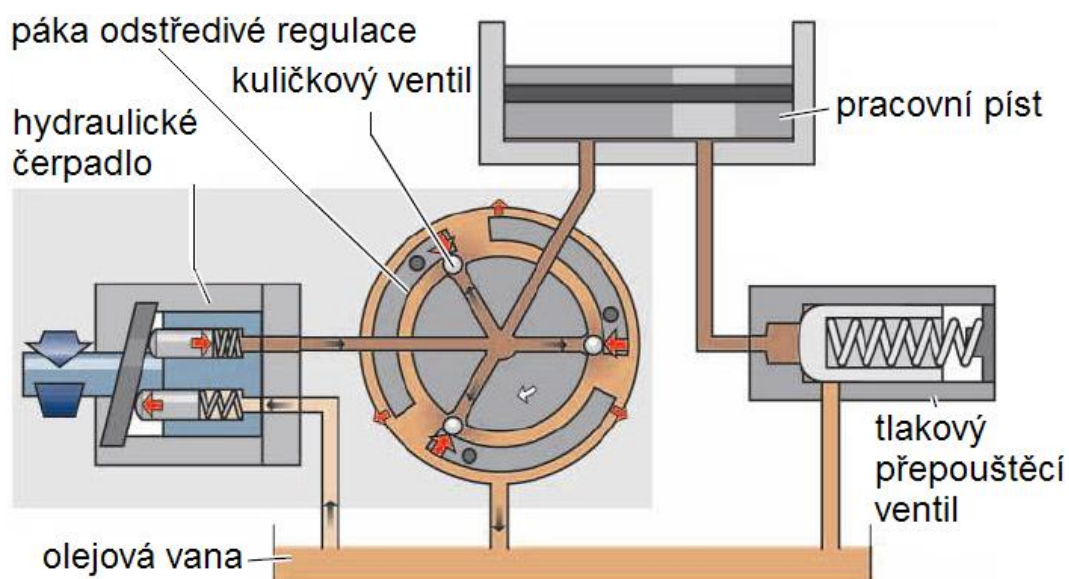
Tlakový přepouštěcí ventil je umístěn ve víku spojky Haldex a skládá se z kuličkového ventilu, sedla ventilu a pružiny. Jestliže tlak oleje v systému překročí hodnotu 44barů, je pružina stlačena a olej proudí do olejové vany.



Obr.5.9: Princip funkce přepouštěcího ventilu /15/

Vývin tlaku při nízkých otáčkách čerpadla

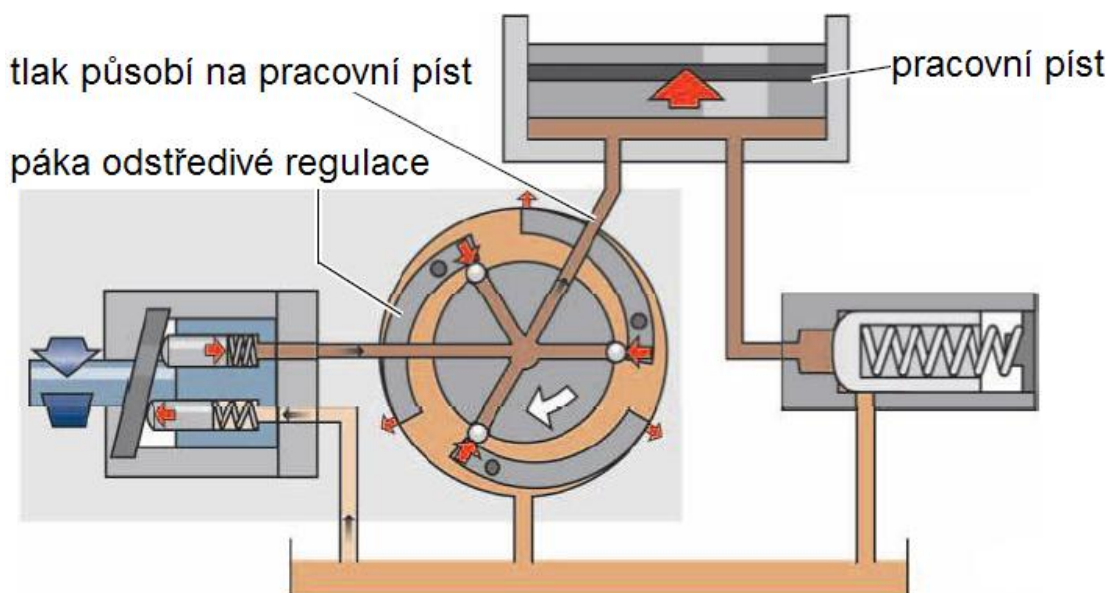
Při nízkých otáčkách čerpadla nepůsobí žádný tlak na pracovní píst čerpadla. Síla tlaku oleje je větší než odstředivá síla pák, proto jsou kuličkové ventily otevřeny a olej se vrací zpět do olejové vany.



Obr.5.10: Princip funkce čerpadla při nízkých otáčkách /15/

Vývin tlaku při vyšších otáčkách čerpadla

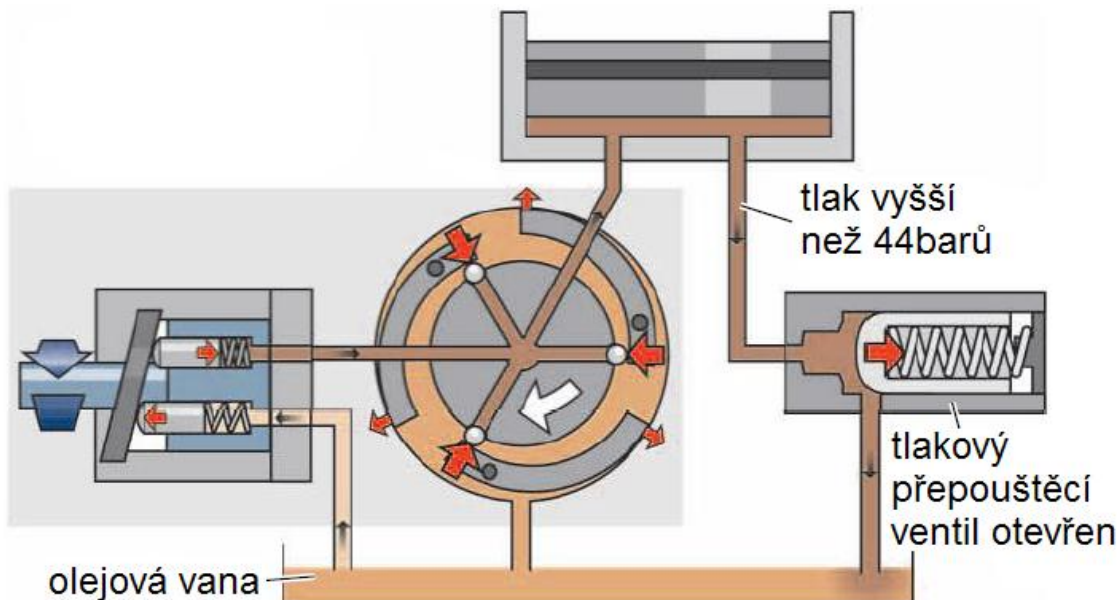
Při vyšších otáčkách čerpadla je odstředivá síla pák větší než síla tlaku v kuličkových ventilech. Kuličkové ventily jsou uzavřeny a tlak postupuje k pracovnímu pístu spojky.



Obr.5.11: Princip funkce čerpadla při vyšších otáčkách čerpadla /15/

Vývin tlaku při vysokých otáčkách čerpadla

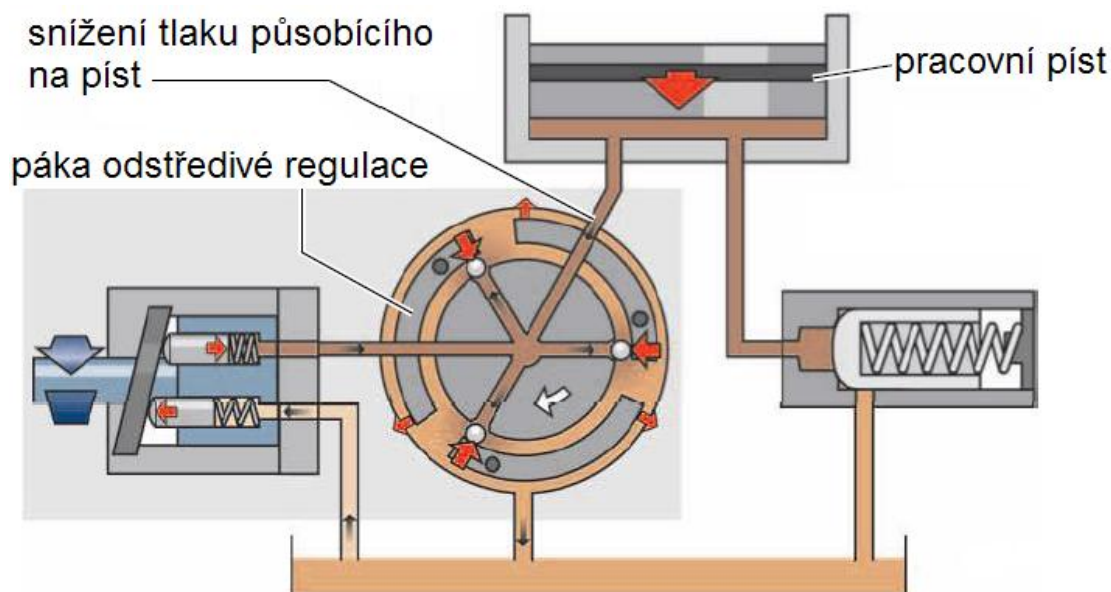
Při vysokých otáčkách čerpadla jsou kuličkové ventily uzavřeny a tlak působí na pracovní píst spojky. Přesáhne-li tlak oleje hodnotu 44barů, otevře se tlakový přepouštěcí ventil a olej proudí zpět do olejové vany.



Obr.5.12: Princip funkce při vysokých otáčkách čerpadla /15/

Redukce tlaku při poklesu otáček čerpadla

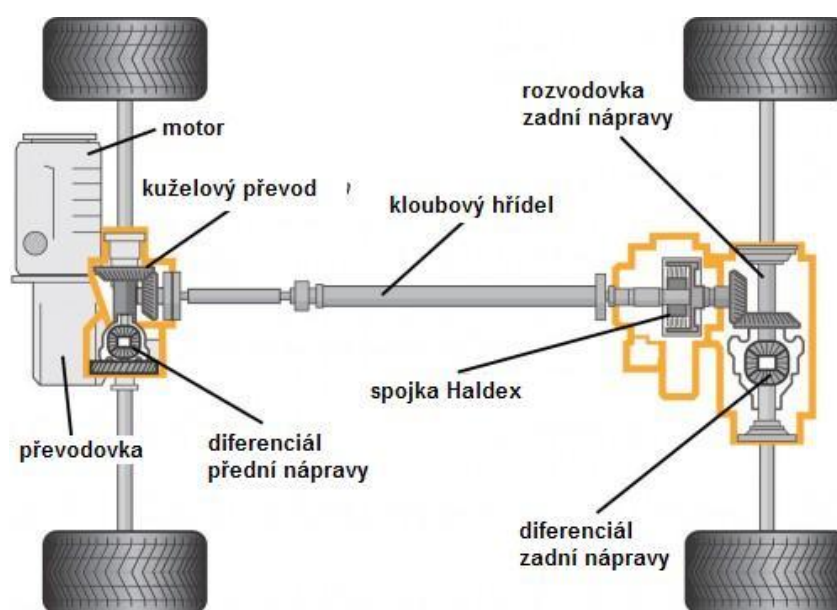
Při poklesu otáček čerpadla se zmenší odstředivá síla, tím se uvolní kuličkové ventily a tlak oleje působící na píst se sníží.



Obr.5.13: Princip funkce při poklesu otáček čerpadla /15/

5.2 Uspořádání pohonu všech kol s použitím spojky Haldex

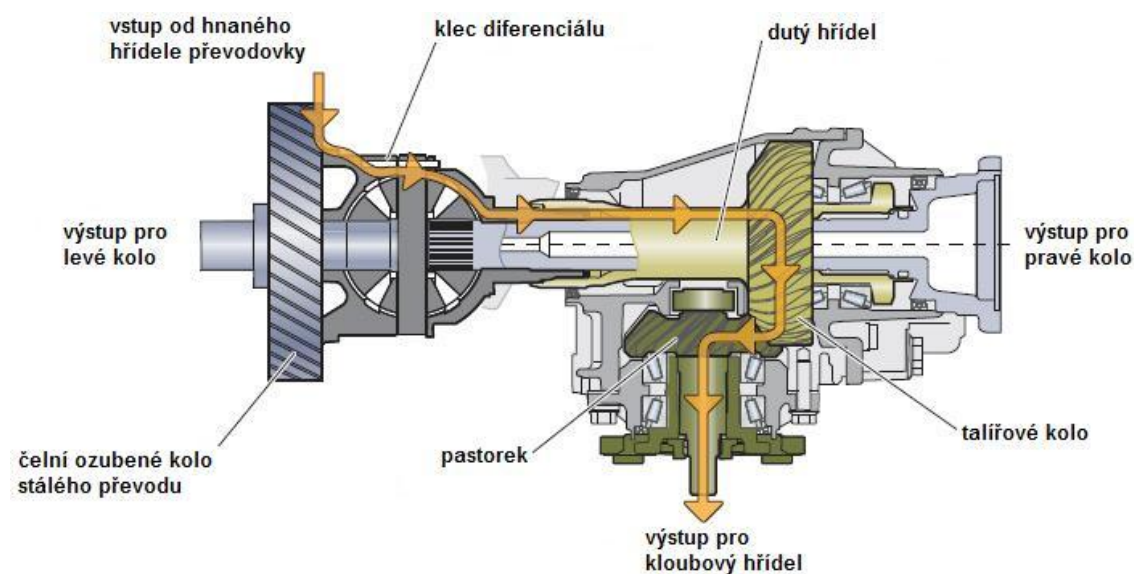
Vozidla Škoda s pohonem všech kol využívají stejnou koncepci převodovky jako u vozidel s pohonem přední nápravy. Převodovka může být manuální nebo samočinná DSG. K převodovce je z pravé strany přišroubována rozvodovka s kuželovým převodem v samostatné skříni. Talířové kolo kuželového převodu je spojeno dutým hřídelem s klecí diferenciálu pomocí drážkování. Dutým hřídelem prochází přírubový hřídel pro pohon pravého předního kola. Výstup pro pohon levého předního kola je beze změn. Kuželový převod s mimoběžnými osami má převodové číslo 0,629 , proto se spojovací kloubový hřídel otáčí rychleji než pastorek kuželového převodu a je dimenzován na menší točivý moment, čímž se dosahuje nižší hmotnosti. Kloubový hřídel je s kuželovým převodem spojen přes pružné spojky. Součástí kloubového hřídele je stejnoběžný nerozebíratelný kloub. Pro připojení kloubového hřídele ke spojce Haldex je použita pružná spojka s tlumičem torzních kmitů. Spojka Haldex je uložena ve společné skříni s rozvodovkou a diferenciálem zadní nápravy. Olejové náplně jsou však pro spojku a kuželový převod oddělené. Převodový poměr kuželového převodu zadní rozvodovky dosahuje převrácené hodnoty převodového poměru kuželového převodu umístěného vpředu. Pro zadní nápravu je použit stejně jako pro přední nápravu kuželový diferenciál. Zadní rozvodovka se spojkou Haldex je uložena v zadní víceprvkové nápravě.



Obr.5.14: Schéma uspořádání při použití spojky Haldex /16/

5.3 Tok výkonu při použití spojky Haldex

Výkon motoru se přenáší na hnací hřídel převodovky přes suchou lamelovou spojku u manuálních převodovek nebo přes dvoulamelovou spojku v olejové lázni v případě převodovek typu DSG. Z hnacího hřídele postupuje výkon na hnáný hřídel dle zařazeného převodového stupně. Dále se výkon přenáší přes soukolí stálého převodu na klec diferenciálu. V kuželovém diferenciálu se výkon rozděluje k levému a pravému přednímu kolu. Od klece diferenciálu postupuje výkon dutým hřídelem k soukolí kuželového převodu pro pohon zadních kol. Od kuželového převodu se výkon vede kloubovým spojovacím hřídelem na vstupní hřídel Haldex spojky. Podle velikosti tlaku oleje působící na píst lamelové spojky se výkon převádí na výstupní hřídel spojky, odkud se vede přes kuželové soukolí na klec zadního kuželového diferenciálu. V zadní kuželovém diferenciálu se výkon rozděluje k levému a pravému zadnímu kolu.

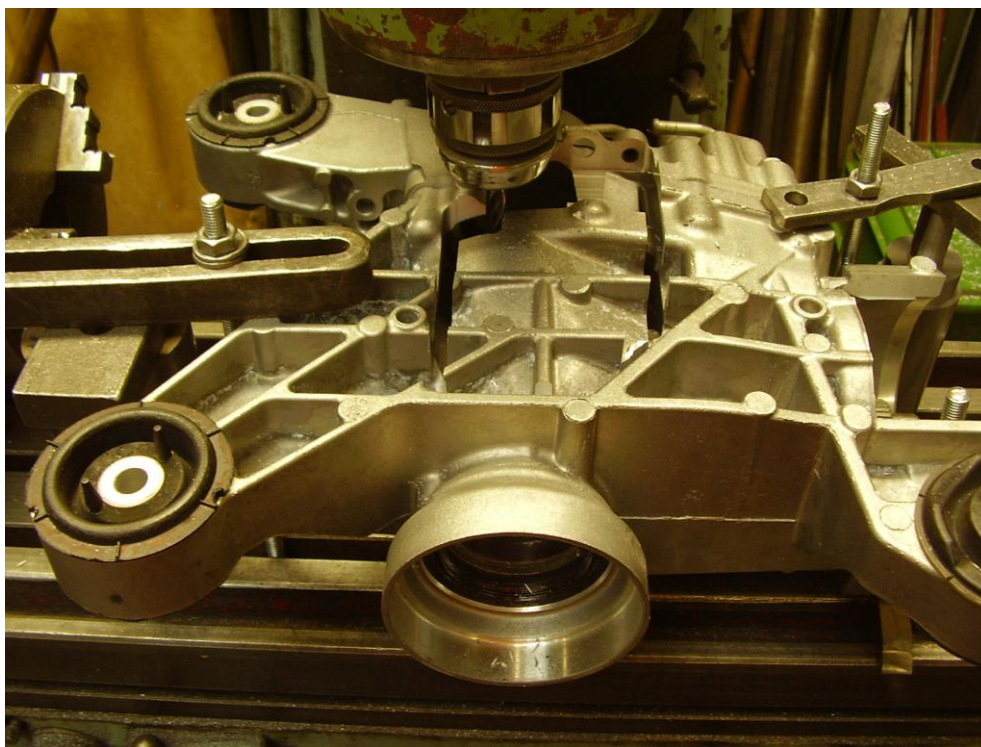


Obr.5.15: Tok výkonu přední rozvodovkou /17/

6 Výukový model

6.1 Návrh a výroba výukového modelu

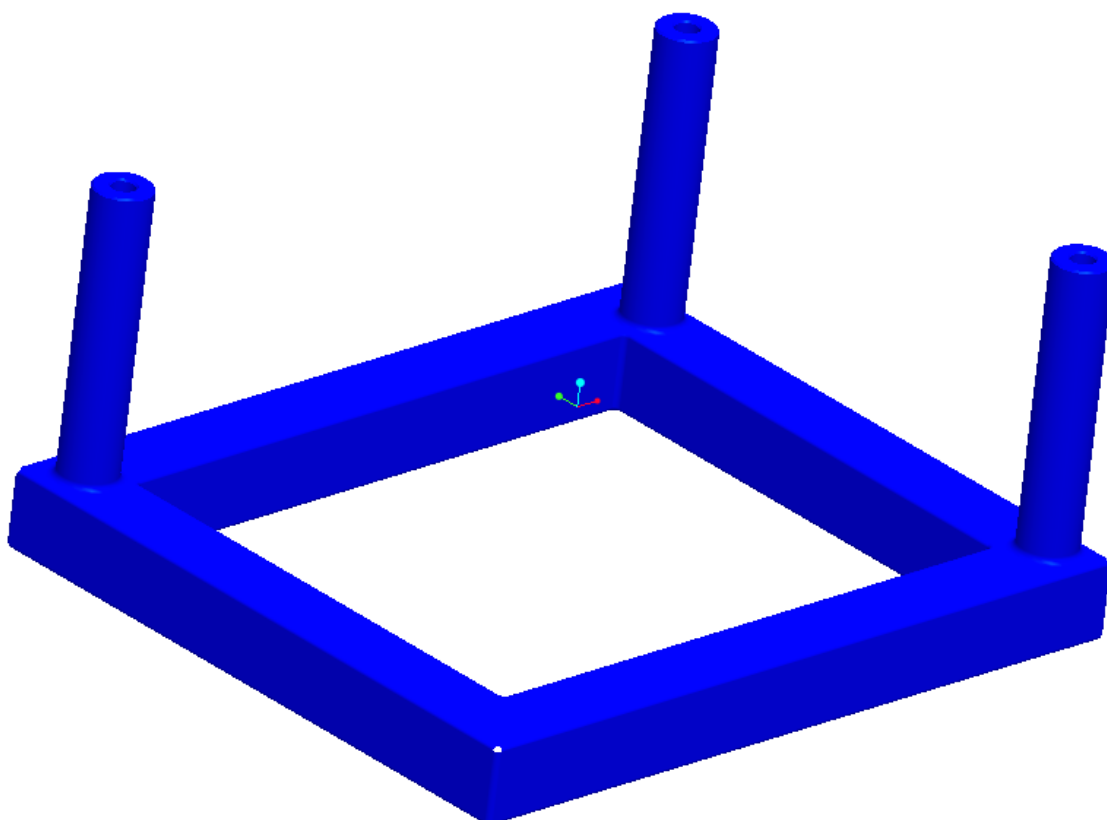
Pro výrobu výukového modelu jsem dostal k dispozici spojku Haldex 2. generace, určenou pro vozy koncernu Volkswagen. Prvním krokem byla kompletní demontáž spojky Haldex s rozvodovkou a patřičná fotodokumentace, potřebná především ke zpětné montáži. Po demontáži bylo nutné ze skříně spojky a převodovky odstranit zbytkové olejové náplně pomocí technického benzínu a štětce. Následně jsem navrhl tvary a umístění jednotlivých okének s ohledem na obráběcí technologii – frézování. Po schválení návrhu jsem zvolil upnutí skříně ke stolu frézky pomocí tří upínek. Pro frézování skříně jsem použil stopkovou frézu o průměru 10mm. Koš lamelové spojky je ocelový a tepelně zpracovaný, proto jsem použil ruční úhlovou brusku s řezným kotoučem, stejný způsob jsem použil u ostatních ocelových dílů včetně lamel. Některé plochy jsem po frézování doobrobil pomocí pilníků. Před lakováním a montáží jsem odstranil třísky po obrábění pomocí stlačeného vzduchu a následným omytím technickým benzínem. Jednotlivé řezy jsem zvýraznil červenou barvou, v detailním řezu lamelové spojky jsem vnitřní lamely zvýraznil modrou barvou. Po zaschnutí nátěrových hmot proběhla montáž spojky a kuželového převodu.



Obr.6.1: Frézování skříně kuželového převodu a spojky Haldex

6.2 Návrh a výroba stojanu pro výukový model

Pro výukový model jsem zvolil výrobu nízkého stojanu s umístěním na stůl. Hlavními důvody tohoto řešení byly menší náročnost na prostor, snazší manipulace, větší stabilita a nižší hmotnost. Snahou bylo vyrobit co nejjednodušší stojan a proto jsem využil ukotvení modelu ke stojanu ve třech silentblocích, stejně jako v zadní nápravě automobilu. Při výrobě stojanu jsem použil ocelový profil obdélníkového průřezu 40x30 se stěnou 2mm, ocelovou trubku o rozměrech 21x2.5mm a tři kusy matic M12 upravených pro svar. Technologie pro výrobu stojanu byly: řezání, soustružení, svařování metodou MAG a broušení. Povrchová úprava stojanu byla provedena metodou práškového lakování s tepelným vytvrzením. Z důvodu vyšší přilnavosti k desce stolu byl stojan doplněn o čtyři pryžové podložky.



Obr.6.2: Návrh stojanu v programu Pro ENGINEER



Obr.6.3: Konečný stav modelu včetně stojanu

7 Závěr

V současné době se konstruktéři systémů pohonu všech kol zaměřují převážně na samočinné, elektronicky ovládané systémy. Pro osobní automobily se stále více uplatňují připojitelné pohony, které používají mezinápravové lamelové spojky řízené elektronickou řídicí jednotkou. Výhodou těchto systémů je, že motor pohání všechna čtyři kola pouze v případech, kdy je to nutné pro přenos výkonu na vozovku. To se příznivě odráží na spotřebě paliva. Někteří výrobci automobilů však používají mechanické planetové diferenciály bez elektronického řízení, typickým představitelem je systém Audi Quattro. Při výběru automobilu s pohonem všech kol bychom měli zvážit pro jaký účel budeme automobil využívat. Pokud dojíždíme každodenně do zaměstnání a v zimě jezdíme jednou týdně na hory, je výhodné zvolit variantu připojitelného pohonu. Snad jen v případě terénního automobilu pro volný čas je stálý pohon všech kol v našich klimatických podmínkách výhodnější oproti připojitelným pohonům, v ostatních případech je to zbytečné a potenciál stálého pohonu všech kol se využije jen minimálně.

Tato bakalářská práce by měla sloužit při výuce studentů Katedry vozidel a motorů. Jsou v ní popsány současně nejpoužívanější systémy pohonu všech kol u osobních vozidel. Podrobně je popsán systém s mezinápravovou samočinnou spojkou Haldex, která je díky své jednoduchosti používána v automobilech střední třídy. Je zde popsána historie, vývoj, funkce, uspořádání a toky výkonu při použití spojky Haldex. Nejpodrobněji je popsána poslední generace spojky Haldex. Jako doplnění teoretické části byl vyroben model Haldex spojky 2. generace s kuželovým převodem. Řez je zaměřen převážně na lamelovou spojku a její příslušenství.

I. Seznam příloh

Příloha Název

- P1 Graf točivého momentu a tlaku spojky Haldex 5. generace
- P2 Řez spojkou Haldex 2. generace - model
- P3 Zástavba spojky Haldex 4. generace v nápravnici
- P4 Kuželová převodovka pro pohon zadní nápravy

II. Seznam výkresové dokumentace

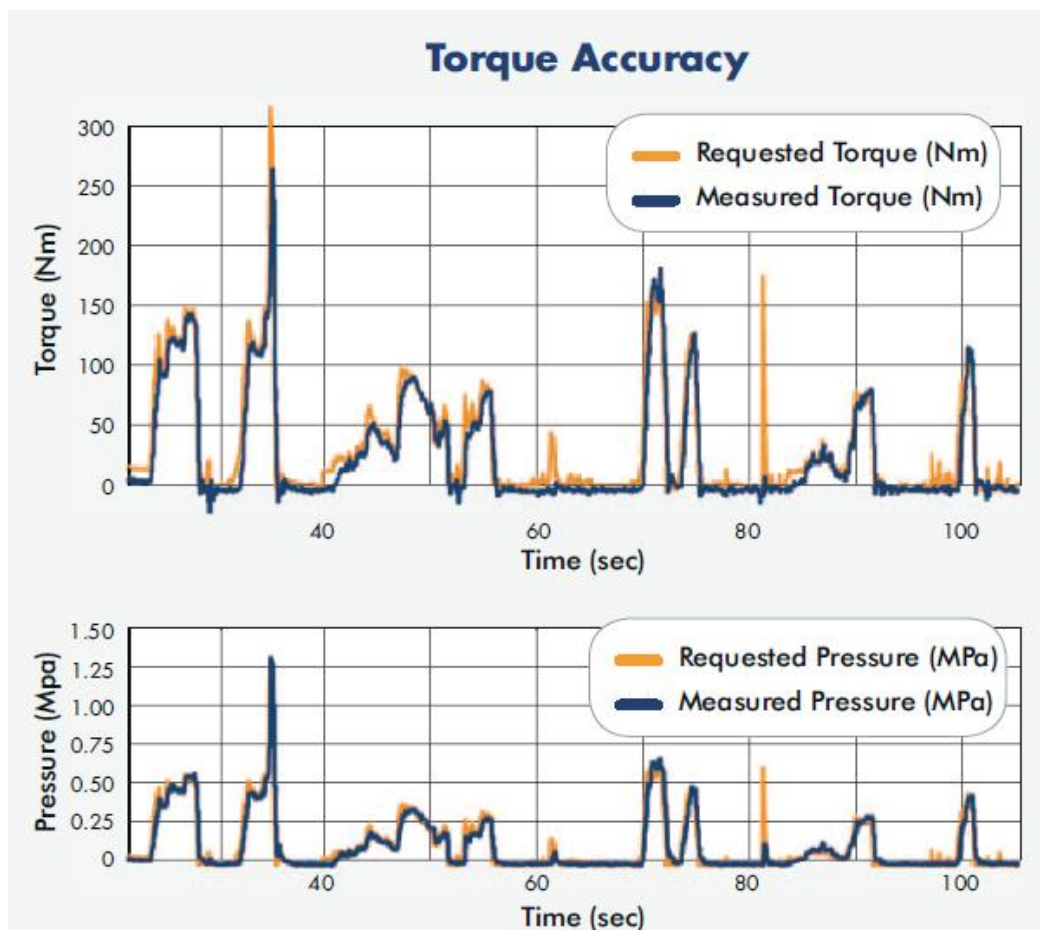
Výkres Název

- 01 Rameno 1
- 02 Rameno 2
- 03 Trubka 1
- 04 Trubka 2
- 05 Úprava matice
- 06 Stojan - svařenec

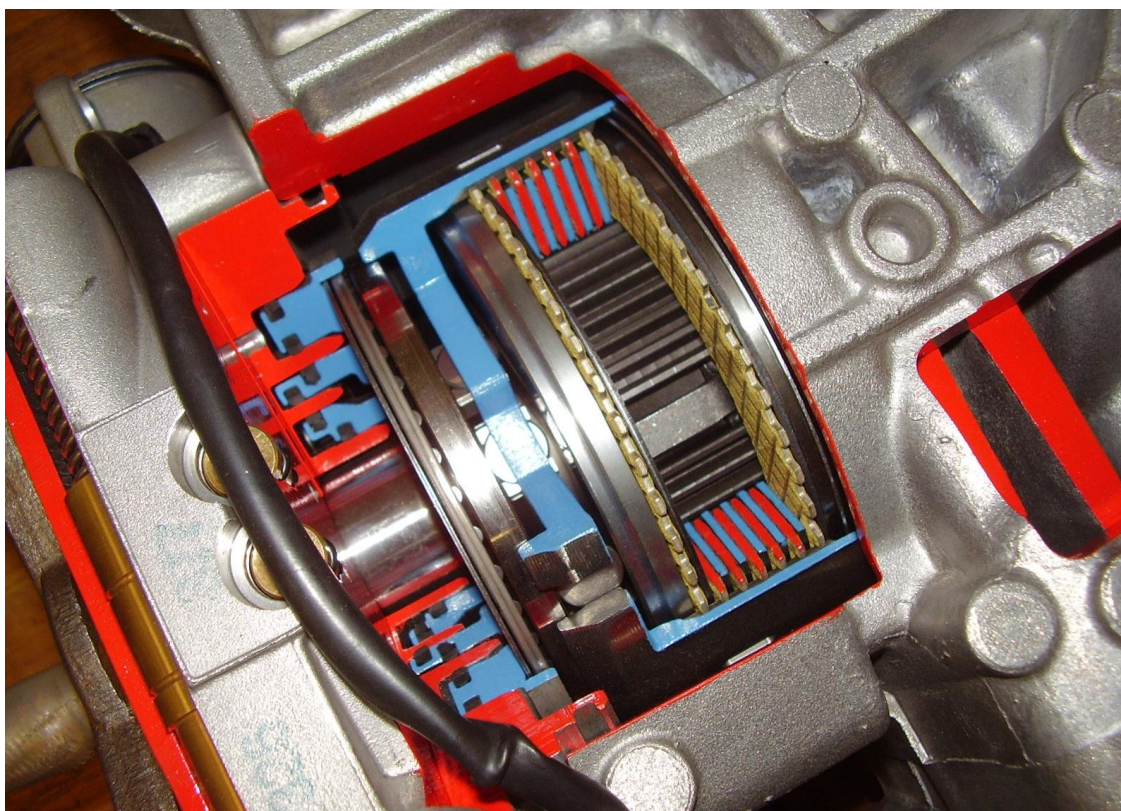
Použitá literatura

- /1/ Achtenová, G – Tůma, V.: Vozidla s pohonem všech kol, BEN – technická literatura, Praha 2009
- /2/ http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_fyz/modules/low/kurz_text.php?identifik=kat_fyz_7356_t&id_kurz=&id_kap=12&id_teach=&kod_kurzu=kat_fyz_7356&id_kap=12&id_set_test=&search=&kat=&startpos=4
- /3/ <http://autofun.blesk.cz/pod-lupou-mitsubishi-lancer-evo-x-vysoke-napeti-147/fotky/32/>
- /4/ <http://autofun.blesk.cz/pod-lupou-mitsubishi-lancer-evo-x-vysoke-napeti-147/fotky/31/>
- /5/ <http://www.automobilrevue.cz/priloha/515d30ca1c46d/50-51-amr04-515d335c1bc7b.pdf>
- /6/ <http://www.awdwiki.com/images/audi-quattro-5-torsen-type-3-differential.jpg>
- /7/ <http://www.audiworld.com/news/11/crowngear/>
- /8/ http://theworldofmbamg.files.wordpress.com/2010/11/807410_1484268_1500_844_10c1289_03.jpg
- /9/ http://www.motortrend.com/auto_news/112_0710_2008_subaru_impreza_wrx_sti_tokyo/photo_05.html
- /10/ http://subarufanclub.cz/wiki/_detail/technika/konkurence/bmw-xdrive-transfer-case_1_.jpg?id=technika%3Akonkurence%3Asystemy_pohonu_xdrive
- /11/ <http://audiklub.cz/techwiki/haldex>
- /12/ <http://www.auto.cz/skoda-superb-4x4-s-haldexem-4-generace-polarnim-kruhem-5598>
- /13/ http://www.awdwiki.com/images/haldex-generation-4-xwd_xxx.jpg
- /14/ <http://www.auto.cz/vw-golf-4motion-pouziva-haldex-pate-generace-nim-jezdi-72675/foto?foto=39>
- /15/ PDF soubor Selbststudienprogramm VW Golf VII 2013, Volkswagen AG
- /16/ <http://caddyinfo.com/wordpress/cadillac-all-wheel-drive-using-the-haldex-system/>
- /17/ <http://autokult.pl/2010/12/06/uklad-napedu-na-cztery-kola-ze-sprzeglem-haldex-iv>

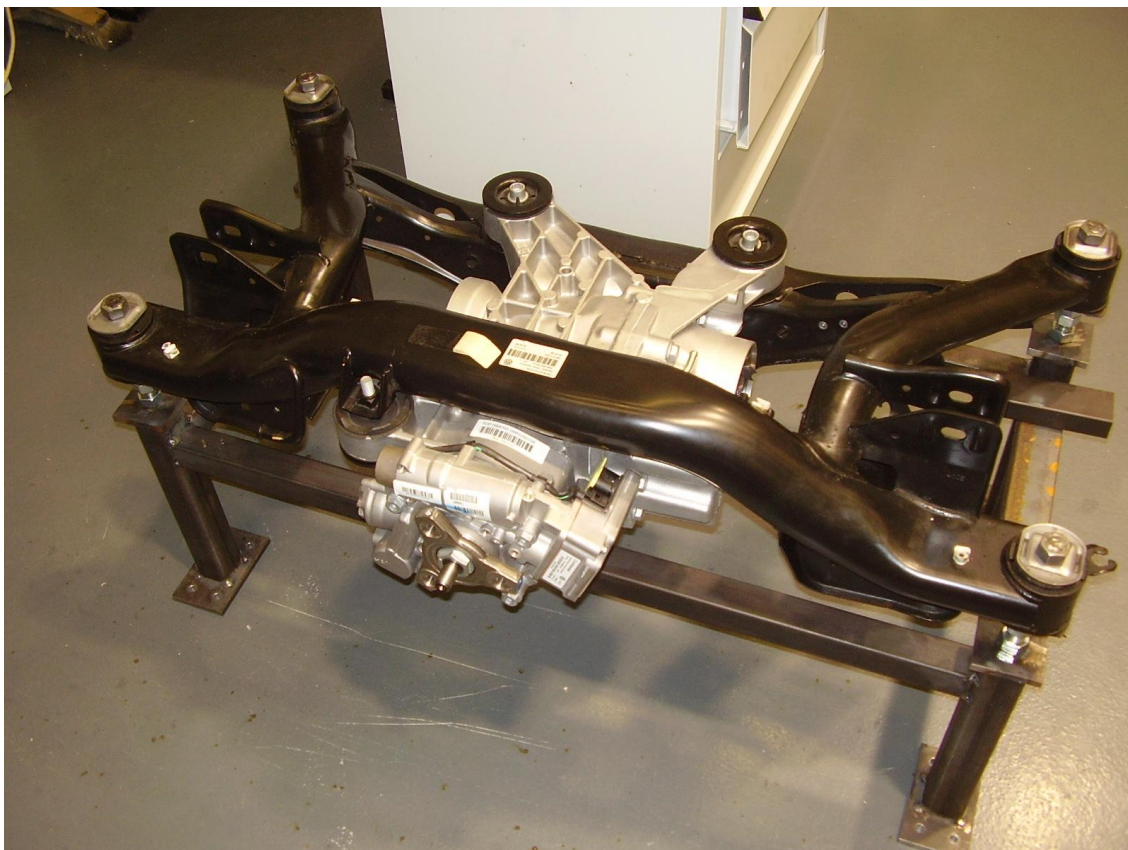
/18/ <http://www.borgwarner.com/en/Haldex-AWD/products/Literature/Borg%20-%20Haldex%20GenV%20Sheet%20Europe%20PRINT%206-11.pdf>



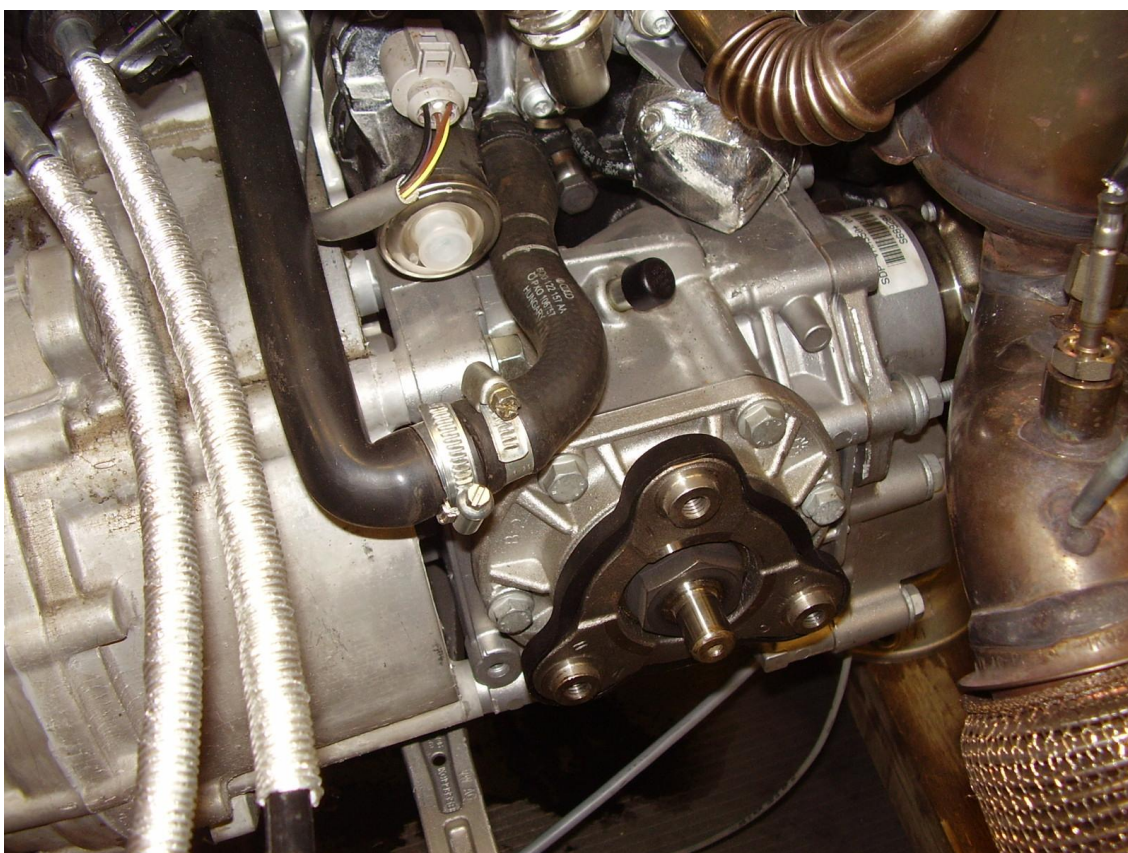
Příloha č.1 Graf točivého momentu a tlaku spojky Haldex 5. generace /18/



Příloha č.2 Řez spojkou Haldex 2. generace – model



Příloha č.3 Zástavba spojky Haldex 4. generace v zadní nápravě



Příloha č.4 Kuželová převodovka pro pohon zadní nápravy